

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова»

На правах рукописи

Марсанова Мария Романовна

**Геолого-геофизические модели глубинного строения Непско-
Пеледуйского свода и зоны его сочленения с Байкало-
Патомским складчатым поясом
(в связи с нефтегазоносностью)**

Специальность 25.00.10 – Геофизика, геофизические методы поисков полезных
ископаемых

диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:

доктор геолого-минералогических наук

профессор А.Г. Берзин

Якутск - 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ИЗУЧАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ.....	11
1.1. Геолого-геофизическая изученность	11
1.2. Литолого-стратиграфическая характеристика района	15
1.3. Тектоническое строение.....	17
1.3.1. Непско-Ботуобинская антеклиза.....	17
1.3.2. Смежные территории на юго-востоке Непско-Пеледуйского свода (Байкало-Патомский складчатый пояс).....	23
1.3.3. Смежные территории на северо-западе Непско-Пеледуйского свода (Катангская седловина).....	25
1.4. Нефтегазоносность	32
1.6. Глубинные модели строения континентальной земной коры	37
1.7. Рифтовые системы	41
ГЛАВА 2. ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	44
2.1. Обоснование комплекса данных	44
2.2. Методы исследований	47
2.2.1. Методика и техника полевых работ.....	47
2.2.2. Обработка данных	50
ГЛАВА 3. ОБОСНОВАНИЕ НОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ИЗУЧАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ.....	59
3.1. Априорная модель глубинного строения Непско-Пеледуйского свода по результатам предыдущих исследований	59
3.2. Новые аргументы обоснования модели глубинного строения Непско- Пеледуйского свода.....	71

3.3. Особенности глубинного строения зоны сочленения НБА и БПСО в Патомском секторе	88
ГЛАВА 4. МОДЕЛЬ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ПО ПРОФИЛЮ «БАТОЛИТ-1» И ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫТИЯ КРУПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УВ НА ТЕРРИТОРИИ НПС	105
4.1. Модель глубинного геологического строения по профилю «Батолит-1» и его продолжению до БПСО.....	105
4.2. Перспективы открытия на НПС крупных месторождений углеводородного сырья	110
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	117
ЛИТЕРАТУРА.....	119

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Исследования проводились на стратегически важной для Российской Федерации территории Непско-Пеледуйского свода (НПС) Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА) [Марсанова, Берзин, 2016], где открыты крупные и уникальные месторождения нефти и газа, в том числе базовые для нефтепровода «Восточная Сибирь-Тихий Океан» и строящегося газопровода «Сила Сибири». Проблема заключается в наращивании запасов в осадочном чехле, углеводородный (УВ) потенциал которого в значительной мере исчерпан.

Еще в 90-х гг. прошлого века членом-корреспондентом РАН Соколовым Б.А. выдвинута гипотеза о возможной связи месторождений углеводородов НПС, с осадочными образованиями в палеорифтовой системе под перекрывающими ее аллохтонными блоками фундамента, где остается невостребованным крупный углеводородный потенциал [Соколов, 2001]. Гипотеза до сих пор не доказана и не опровергнута, а модели глубинного строения свода и его сопряжения с окружающими структурами на ее основе не известны. По результатам выполненных исследований рассматриваются новые концептуальные модели глубинного строения и нефтегазоносности НПС, не противоречащие гипотезе, и зоны его сочленения с Байкало-Патомским складчатым поясом в Патомском секторе, и открывают возможность наращивания запасов УВ в его позднерифейских образованиях.

Объектами исследования являются глубинное строение и нефтегазоносность юго-восточной части НПС Непско-Ботуобинской антеклизы и зоны с Байкало-Патомской складчатой областью (БПСО) в Патомском секторе.

Цель и задачи диссертационной работы: опираясь на модели глубинного строения НПС, обосновать на основе комплексных геофизических исследований новые

представления о глубинном геологическом строении и нефтегазоносности изучаемой территории. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Получить на территории НПС новые аргументы реальности существования палеорифта и его кристаллического пластообразного тела в основании свода, выяснить характер и параметры залегания последнего, а также реальность и геолого-промысловые характеристики залегающих под ним отложений.

2. Обосновать новые элементы глубинного строения зоны сопряжения НПС и Предпатомского прогиба в Патомском секторе БПСО и выявить ареалы развития нефтегазопродуцирующих отложений верхнего протерозоя.

3. Построить и аргументировать по профилю «Батолит-1» и его продолжению до БПСП модель глубинного строения земной коры до границы Мохоровичича, сопоставить ее с обобщенной структурной моделью месторождений гигантов, сформировавшихся на границе со складчатыми областями, и обосновать перспективы открытия новых крупных месторождений.

Методы. В процессе исследований применялись методы: исторической геотектоники, геолого-геофизического моделирования и седиментационного анализа, а также представления об образовании и развитии осадочно-породных (ОПБ) и нефтегазоносных бассейнов (НГБ).

Фактический материал. Материал для кандидатской диссертации получен автором во время работы в АО «Якутскгеофизика» в должности геофизика и аспиранта СВФУ (2009-2018 гг.). Для создания информационной основы проверки гипотезы на изучаемой территории НПС, в течение ряда лет на основе геоинформационной системы «ПАРК» (разработчик «Ланеко», г. Москва) создавалась и пополнялась База данных координатно-привязанной геолого-геофизической информации (данные разведочной геофизики, глубоких скважин, сейсмических построений), которые легли в основу построения различных моделей, карт и разрезов карты гравитационного и магнитного

полей, карты проводимости осадочного чехла по данным электроразведки МТЗ, структурные карты по кристаллическому фундаменту и отражающим сейсмическим горизонтам в осадочном чехле, комплексные данные глубоких скважин.

Защищаемые положения:

1. Геоплотностная глубинная модель, циклоседиментограммы скважин по данным ГИС и сейсмический разрез вейвлет-спектров по профилю «Батолит-1» позволяют обосновать наличие верхнепротерозойского палеорифта в основании Непско-Пеледуйского свода, перекрытого кристаллическим пластообразным телом с «эрозионными окнами», а также подтвердить достоверность сейсмических отражений от горизонтов нижнего венда и рифея под ним.

2. Выработанные методические приемы картирования кристаллических фундамента, пластообразного тела и глубинных разломов позволяют обосновать вырождение приплатформенной части Предпатомского краевого прогиба в Патомском секторе, расширение в нем контура Непско-Ботуобинской антеклизы на юго-восток и шовный характер сочленения антеклизы с Байкало-Патомской складчатой областью.

3. Характерные черты построенной глубинной геолого-геофизической модели земной коры территорий Непско-Пеледуйского свода и Предпатомского прогиба позволяют предположить наличие структурных элементов типа краевых супербассейнов, в пределах которых высока вероятность существования нефтегазоносных месторождений-гигантов.

Научная новизна. Найден подход к обоснованию кристаллического пластообразного тела палеорифта в основании Непско-Пеледуйского свода и установлении параметров его залегания, основанный на выявлении методом седиментационного анализа по данным акустического каротажа отметки регионального размыва между отложениями рифея и венда в разрезе Талаканской скважины № 804 глубже кровли кристаллических пород, позволяющий также аргументировать наличие

«эрозионных окон» в пластообразном теле. На сейсмических разрезах интегральных вейвлет-спектров установлен диагностический признак, позволяющий по поведению линии вскрытия скважинами кровли кристаллических пород по отношению к спектрам идентифицировать его как кровлю кристаллического пластообразного тела или консолидированного фундамента. Разработанная автором по геолого-геофизическим данным модель глубинного строения Непско-Пеледуйского свода и прилегающих территорий более достоверно объясняет установленные здесь особенности строения земной коры и связи их с потенциальной нефтегазоносностью глубоких горизонтов свода.

Теоретическая и практическая значимость работы. По геолого-геофизическим данным аргументирована гипотеза Б.А. Соколова в части глубинного строения НПС с модифицированным представлением о характере и параметрах залегания в основании свода кристаллического пластообразного тела палеорифта, и подстилающих его верхнепротерозойских отложениях. Геолого-геофизические модели глубинного строения юго-восточной части Непско-Пеледуйского свода, где уже открыты крупные и уникальные месторождения УВ в отложениях венда и нижнего кембрия (Верхне-Чонское, Талаканское, Чаяндинское и др.), а также разработанная автором по профилю «Батолит-1» модель глубинного строения зоны сочленения НБА с Байкало-Патомской складчатостью в Патомском секторе, служат обоснованием целесообразности поиска залежей УВ в позднерифейских отложениях свода.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности 25.00.10.

Геофизические построения и геолого-геофизические модели в представленной диссертации направлены на выявление связей параметров геофизических полей с глубинным геологическим строением юго-восточной части Непско-Пеледуйского свода и зоны сопряжения с БПСО, территория которых слабо освещена глубоким бурением. На основе установленных связей аргументируются ранее неизвестные структурные особенности глубинного строения и перспективы открытия новых месторождений УВ.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 25.00.10. Соответствие имеется по пункту 4 «Исследование природы, свойств и геодинамической интерпретации деформационных характеристик и естественных геофизических полей, источники которых располагаются в недрах Земли. Поля, индуцированные во внешних оболочках Земли, также могут быть объектом исследования в рамках данной специальности, если они либо используются для изучения внутренней структуры Земли, либо характеризуют взаимодействие различных оболочек Земли (включая твердые оболочки)». Взаимодействие деформационных и геофизических полей, по пункту 16 «Использование геолого-геофизических данных для построения геологических, гидродинамических и геодинамических моделей геологических структур и месторождений».

Личный вклад автора. Автор самостоятельно выполнял следующие исследования:

- обобщение и анализ результатов предыдущих исследований, проведенных для концептуального подтверждения и развития гипотезы Б.А. Соколова;
- построение временного разреза Гильберт-преобразования по восточному фрагменту профиля «Батолит-1» и увязку на нем всей имеющейся геолого-геофизической информации;
- проведение и интерпретация результатов седиментационного анализа по каротажным кривым Талаканской скв. 804, построение динамической модели образования кристаллического пластообразного тела;
- обработку сейсмических профилей в Предпатомском прогибе и построение временных разрезов интегральных вейвлет-спектров, послуживших совместно с данными потенциальных полей, основой для установления новых черт глубинного строения зоны сопряжения НБА и БПСО, в том числе шовного характера сопряжения через мантийный разлом;

- построение глубинного разреза до границы Мохоровичича по профилю «Батолит-1» с учетом полученных результатов; обоснование перспектив открытия новых месторождений в глубоких горизонтах НПС.

Достоверность результатов. Ввиду отсутствия глубоких скважин, подтверждающих защищаемые положения, полученные результаты исследований оцениваются как один из наиболее обоснованных вариантов моделей глубинного геологического строения изучаемой территории, разработанных автором на основе комплексной интерпретации всей имеющейся геолого-геофизической информации. Использовались многомерная координатно-привязанная геолого-геофизическая информация, накопленная за многолетний период в Базе данных геоинформационной системы ПАРК, и современные методы цифровой обработки (PROMAX, SPS-PC, КОСКАД 3D и др).

Апробация работы. Основные положения и отдельные разделы диссертационной работы были представлены на следующих научных конференциях: научно-практическая конференция «Геология и минерально-сырьевые ресурсы северо-востока России» (Якутск, 2014, 2015, 2017, 2018); Всероссийская конференция научной молодежи ЭРЭЛ (Якутск, 2016), международный молодежный форум «ЛОМОНОСОВ-2017» (Москва, 2017), международная мультидисциплинарная конференция по промышленному инжинирингу и современным технологиям – Far East Con 2018 (Якутск, 2018), Всероссийская молодежная конференция «Строение литосферы и геодинамика» (Иркутск, 2019).

Публикации. По теме диссертации автором лично и в соавторстве опубликовано 17 работ, в том числе 4 статьи в российских рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК Минобрнауки России.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 136 страниц текста, 39 рисунков и список литературы из 157 наименований.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д.г.-м.н. Берзину А.Г. за высокопрофессиональное руководство и наставничество на всех этапах проведения настоящего исследования.

Автор признателен и благодарит за содействие и консультации д.г.-м.н., профессора Ситникова В.С., декана ГРФ, к.г.-м.н. СВФУ Третьякова М.Ф., к.г.-м.н. Соловьева Е.Э. и сотрудников АО «Якутскгеофизика» и кафедры геофизики СВФУ.

ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ИЗУЧАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

Геологическому строению и нефтегазоносности изучаемой территории посвящены труды многих исследователей [Анциферов, Бакин, Воробьев, 1966; Бобров, 1964; Габриэлянц, 1979; Гурова, Чернова, 1988; Дробот, Золотов, Конторович, 1974; Забалуев, 1960; Конторович, Сурков, Трофимук, 1982; Матвеев, 1989; Мельников 1977, 1982; Мигурский 1983, 1986, 1989; Микуленко, 1983; Фрадкин, Сафронов и др., 1986; Ситников, 1996; Старосельцев, 1994; Трофимук, 1960; Фрадкин, 1986; Хоменко 2005, 2009; Хоментовский 1973; Шемин 2007, 2017 и др.].

В современном тектоническом плане изучаемая территория на юге Сибирской платформы включает северо-восточные склоны Непско-Пеледуйского свода (НПС) и частично Мирнинского выступа Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА), а также зону Патомского сектора Байкало-Патомской складчатой области (БПСО) или одноименного надвигового пояса. По фронту, начиная с горного в сторону платформы, в последнем выделяют прифронтальную, промежуточную и передовую зоны надвиговых секторов [Сметанин, 2000]. Примерно со второй половины XX в. в надвиговом поясе этого сектора на территории между НБА и БПСО традиционно выделяется Предпатомский региональный прогиб (ПРП) и в его составе крупная Нюйско-Джербинская впадина (НДВ) (рис. 1.1) [Марсанова, 2016].

1.1. Геолого-геофизическая изученность

Геологические исследования на изучаемой территории планомерно проводятся с середины шестидесятых годов. За это время площадь покрыта геологической съемкой масштабов 1:1000000, 1:500000, 1:200000.

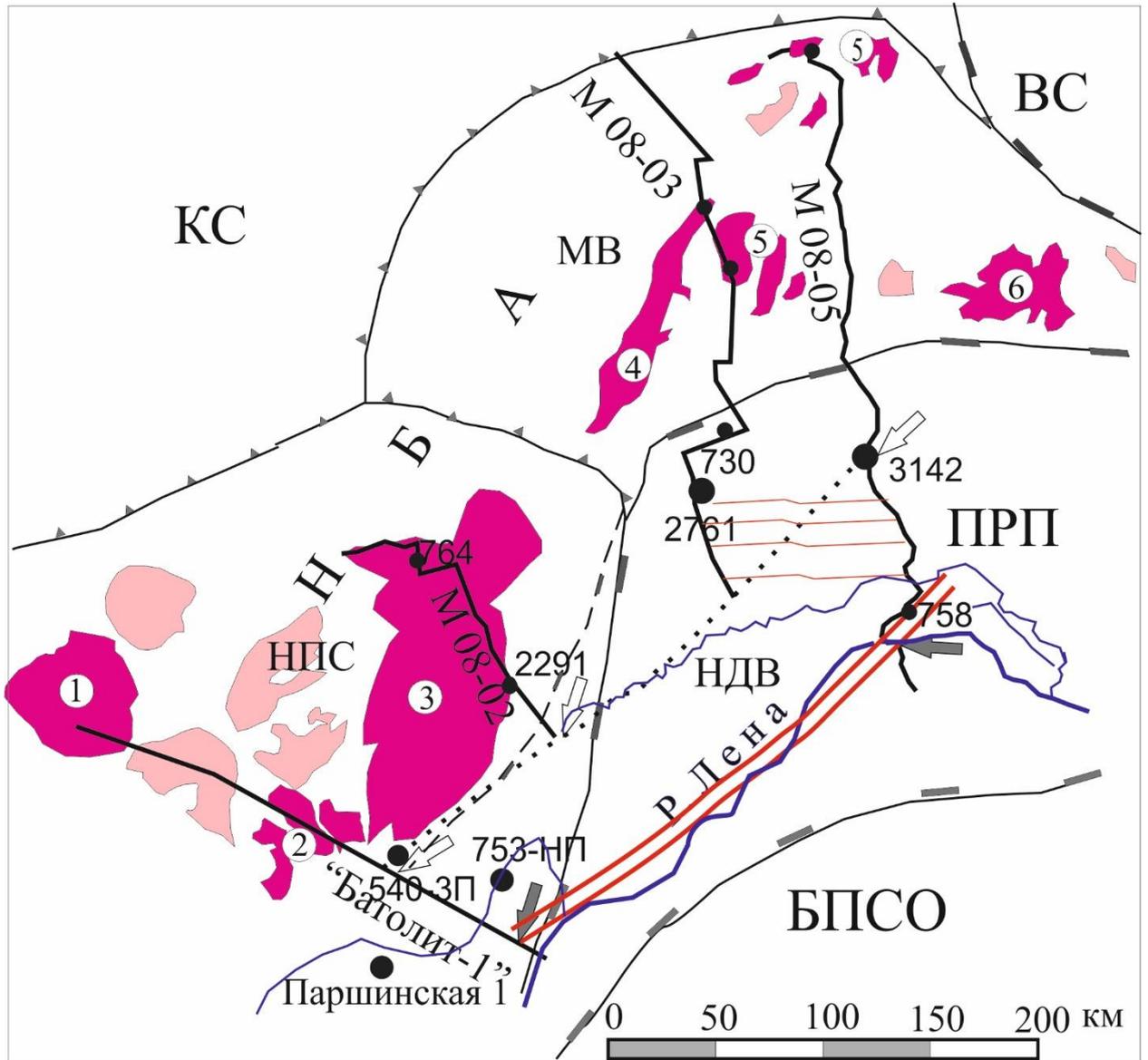


Рис. 1.1. Обзорная карта изучаемой территории [Кушмар, 2008].

1 – надпорядковые структуры: НБА – Непско-Ботуобинская антеклиз; НПС – Непско-Пеледуйский свод, МВ – Мирнинский выступ; КС – Курейская синеклиза; ВС – Виллойская синеклиза; БПСО – Байкало-Патомская складчатая область; ПРП – Предпатомский прогиб; НДВ – Нюйско-Джербинская впадина ПРП; 2 – сейсмические маршруты; 3 – месторождения: 1 – Чонское, 2 – Талаканское, 3 – Чаяндинское, 4 – Средне-Ботуобинское, 5 – Таас-Юряхское, 6 – Верхне-Виллючанское; 4 – глубокие скважины.

Целенаправленное изучение и выделение на региональных тектонических картах с 1975 г. Непско-Ботуобинской антеклизы и непосредственно Непского свода, начатое на территории Якутии в конце 60-х годов, продолжается и по настоящее время. Активизация

геологоразведочных работ связана с открытием Среднеботуобинского (1970 г.), Хотого-Мурбайского (1977 г.) и Верхневилучанского (1975 г.) месторождений, в которых была установлена промышленная продуктивность вендских и нижнекембрийских отложений. Одновременно с разведкой этих месторождений проводились поисковые работы в прилегающих районах (сейсморазведка, параметрическое бурение). Сейсморазведочные работы на рассматриваемой территории проводятся со второй половины 60-х гг.

Результатом этих работ стало подтверждение наличия в осадочном чехле Непско-Пеледуйского свода двух куполовидных поднятий – Пеледуйского и Талаканского, в пределах которых было пробурено несколько параметрических скважин. К бурению были подготовлены ряд малоамплитудных антиклинальных структур: Бюктанарская (1976 г.), Озерная (1977 г.), Нижнехамакинская (1982 г.), Нижнечаяндинская (1983 г.), Верхнесюльдюкарская (1983 г.).

Бурение Бюктанарской структуры в 1976-1978 гг. не подтвердило наличие антиклинальной складки, показав залегание пологой моноклинали. Из отложений ботуобинского продуктивного горизонта были получены притоки воды с газом и нефтью.

На Озерной структуре из скважин №760, 761 и 763 были получены притоки газа из ботуобинского и хамакинского продуктивных горизонтов, месторождение названо Озерным. Дальнейшее бурение подтвердило промышленную газоносность ботуобинского и хамакинского продуктивных горизонтов и выявило наличие коллекторов в талахском горизонте. Проведенные к концу 1988 г. буровые работы показали, что Озерная антиклиналь, закартированная сейсморазведкой, на юге не замыкается и в эту сторону происходит моноклиналиный подъём слоев.

На Нижнехамакинской площади в 1979 году в скважине 751 из коллекторов талахского и хамакинского горизонтов был получен газ. Впоследствии газоносность этих горизонтов была подтверждена, а также выявлена газоносность вилучанского горизонта (скв. 841 и 842). Месторождение было названо Нижнехамакинским. Дальнейшее бурение

показало наличие небольших притоков газа из ботубинского горизонта. Нижнехамакинская антиклиналь, закартированная сейсморазведкой, не замыкается, в южном направлении происходит моноклиальный подъем слоев.

В 1987 году на Восточно-Талаканской площади в скв. 808 из коллекторов хамакинского горизонта был получен газ, месторождение было названо Восточно-Талаканским. В 1988 году, исходя из схемы строения фундамента, региональной схемы развития коллекторов, данных бурения на Бюктанарской площади, Озерном и Нижнехамакинском месторождениях было высказано предположение о наличии Чаяндинской неантиклинальной ловушки, связанной с выклиниванием коллекторов ботубинского горизонта на склоне Пеледуйского выступа фундамента. Ловушка была приурочена к моноклинали и охватывала значительную площадь к югу от Среднеботубинского месторождения.

В 1989 году был обоснован следующий вариант геологического строения и нефтегазоносности, согласно которому к северо-восточному моноклиальному погружению Пеледуйского выступа фундамента, в разрезе вендских терригенных отложений, приурочено три связанных с выклиниванием и замещением продуктивных коллектора ловушки неантиклинального типа, сложно расположенные в плане относительно друг друга: Талахская (талахский продуктивный горизонт), Хамакинская (хамакинский продуктивный горизонт) и Чаяндинская (ботубинский продуктивный горизонт). Открытые ранее (до 1988 г.) Озерное, Нижнехамакинское и Восточно-Талаканское месторождения являются частями единого крупного месторождения, названного впоследствии Чаяндинским.

В Нюйско-Джербинской впадине в 1977 году открыто Хотого-Мурбайское месторождение. В результате геолого-геофизических работ в пределах Нюйско-Джербинской впадины и на границе с Байкало-Патомской складчатой областью выявлены признаки мощных надвиговых зон с высокой амплитудой вертикального (до 1–3 км) и

горизонтального смещения пород (до 10 км и более) [Мигурский и др., 2012]. Если учесть тенденцию утолщения осадочного чехла в северо-восточной части впадины и наращивание разреза за счет рифейских отложений, то следует ожидать и увеличения этажа газоносности. В связи с этим можно предполагать и высокие перспективы нефтегазоносности отложений рифея, венда и кембрия [Рябкова, 2002].

1.2. Литолого-стратиграфическая характеристика района

В геологическом строении района работ принимают участие нижнепротерозойские образования кристаллического фундамента и вендские, кембрийские, юрские и четвертичные отложения осадочного чехла (рис. 1.2).

Номенклатура стратиграфических подразделений венд-кембрийских отложений различается для разных районов Непско-Ботуобинской антеклизы. В Ботуобинской зоне распространены стандартные разрезы района, а в Пеледуйской зоне появляются отложения низов венда и верхнего рифея (рис. 1.3).

В настоящее время венд Сибирской платформы подразделяется на четыре региональных стратиграфических горизонта. Два нижних (вилючанский и непский) обычно относятся к нижнему венду, тирский большинством исследователей датируется верхним вендом. Основная часть даниловского горизонта также относится к верхнему венду, однако его верхи, по всей видимости, имеют уже нижнекембрийский возраст [Стратиграфия позднего докембрия..., 1960].

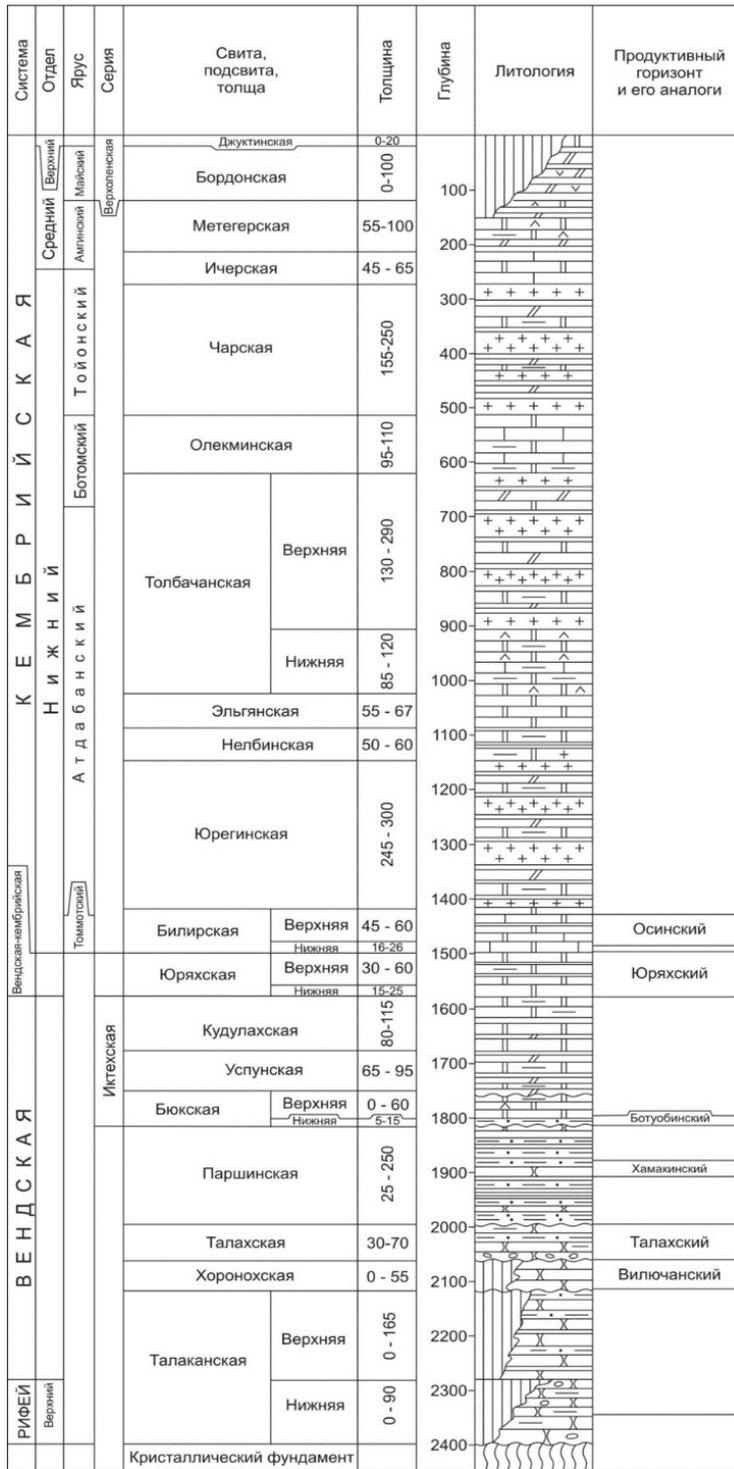


Рис. 1.2. Типовой литолого-стратиграфический разрез Пеледуйского нефтегазоносного района Непско-Ботубобинской НГО, масштаб 1:10000 [Решения четвертого Межведомственного ..., 1989].

Общестратиграфическая шкала		Корреляция местных стратиграфических разрезов							Стратиграфическая схема Прибайкалья
		Горизонт		Подгоризонт					
		Непско-Ботубобинская антеклиза и Предпатомский краевой прогиб			Сюгджеро-Непский фациальный район (Г)		Предпатомско-Вилуйский район (Д)		
		Приленско-Непская зона (Г ₁)	Гаженская зона (Г ₂)	Сюгджеро-Мархинская зона (Г ₃)	Ботубобинская зона (Г ₄)	Пеледуйская зона (Г ₅)	Нюйская зона (Д ₁)	Вилочанско-Ыгыатинская зона (Д ₂)	
Венд и (или) кеморий	Даниловский	Верхний	Тэтэрская свита 55-80 м		Юряхская свита	Верхняя подсвита 30-85 м		Иркутская свита	
		Средний	Собинская свита 65-80 м			Нижняя подсвита 20-30 м			
	Тирский	Нижний	Катангская свита 80-100 м		Кудулахская свита 80-165 м		Иркутская свита		
			Тирская свита 40-75 м		Успунская свита 85-150 м				
Венд	Непский	Верхний	Верхняя Непская свита 30-80 м		Иктехская серия	Верхняя 0-400 м		Шамановская свита	
		Нижний	Нижняя Непская свита 0-70 м			Нижняя (ботубобинская) 5-30 м			
	Тирский	Непская свита		Верхняя 60-400 м		Нижняя (ботубобинская) 5-50 м			
Верхи рифея	Непский	Верхний	Верхняя Непская свита 30-80 м		Иктехская серия	Верхняя 30-450 м		Хужирская свита	
		Нижний	Нижняя Непская свита 0-70 м			Нижняя 70-110 м			
	Тирский	Курсовская свита 0-125 м		Харыстанская свита 20-70 м		Бинахская свита 50-100 м			
		Паршинская свита		Бесюряхская свита 50-120 м		Талахская свита 30-160 м			
		Талаканская свита		Хоронохская свита 0-75 м		Бетинчинская свита 0-100 м			
Верхняя подсвита		Верхняя подсвита		Верхняя подсвита		Верхняя подсвита			
Нижняя подсвита		Нижняя подсвита		Нижняя подсвита		Нижняя подсвита			
		Доломитовая толща		Доломитовая толща		Доломитовая толща			
Подстилающие отложения		Фундамент (AR-PR ₁)			Фундамент (AR-PR ₁), конгломератовая толща рифея (R)				Олхинская свита

Рис. 1.3. Региональная стратиграфическая схема верхнепротерозойских отложений Предпатомского осадочного бассейна [Решения четвертого Межведомственного ..., 1989].

1.3. Тектоническое строение

1.3.1. Непско-Ботубобинская антеклиза

Непско-Ботубобинская антеклиза представляет собой платформенную надпорядковую структуру с небольшими углами наклона пород осадочного чехла. Амплитуда ее по кровле фундамента составляет 1200 м, площадь в пределах Якутии составляет 84 тыс. км². В пределах северо-восточной части антеклизы выделяется ряд положительных структур I-II порядков: наиболее крупная из них – Непско-Пеледуйский

свод (в пределах Якутской территории представленный Талаканским куполовидным поднятием); Мирнинский выступ и Вилючанская седловина (рис. 1.4). В контурах антеклизы обособливаются два крупных поднятия I порядка Непско-Пеледуйский свод (НПС) и Мирнинский выступ (МВ), где сосредоточены основные запасы УВ Непско-Ботуобинской НГО.

Отложения, перекрывающие подсолевые горизонты венда и нижнего кембрия на территории, прилегающей к Непско-Ботуобинской антеклизе с юго-востока, характеризуются широким развитием в определенных зонах контрастных линейных складок, осложненных продольными разрывами. Складки, входящие в эти зоны, представляют собой асимметричные антиклинали с крутыми углами наклона крыльев шириной менее 10 км и протяженностью более 100 км, с более крутыми западными крыльями, часто осложненными взбросами. Амплитуда складок достигает 500 м и более.

Кроме пликативных дислокаций, отложения Непско-Ботуобинской антеклизы осложнены дизъюнктивами, трапповыми интрузиями и структурами экзогенной природы. Разрывные нарушения в осадочном чехле распространены достаточно широко и связаны с линейными складками, трапповым магматизмом и глубинными разломами.

Кроме субвертикальных дизъюнктивов, в пределах юго-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы развиты наклонные и субгоризонтальные разрывные нарушения, связанные с надвиганием Байкало-Патомской складчатой области на Сибирскую платформу [Шемин, 2007]. Такой «переход» свидетельствует об едином магмоподводящем разломе, которым являлся Ангаро-Вилюйский. Вторая группа траппов выявлена на северо-западном склоне антеклизы и распространена в отложениях чарской свиты Непско-Ботуобинская антеклиза и входящие в ее состав крупные тектонические элементы осложнены многочисленными локальными структурами, и открытие в этом регионе месторождений углеводородов связано с этими структурами. В пределах Якутской части НПС выявлены Талаканское, Северо-Талаканское, Южно-Талаканское,

Алинское, Пеледуйское, Тымпучиканское, Чаяндинское. Северо-восточнее НПС располагается Мирнинский выступ фундамента размерами 150×200 км. Выступ раскрывается в сторону Непско-Пеледуйского свода. Восточное и юго-восточное ограничения Мирнинского выступа совпадают с границами антеклизы и Вилючанской седловины, на северо-востоке – примыкает к Ыгыттинской впадине.

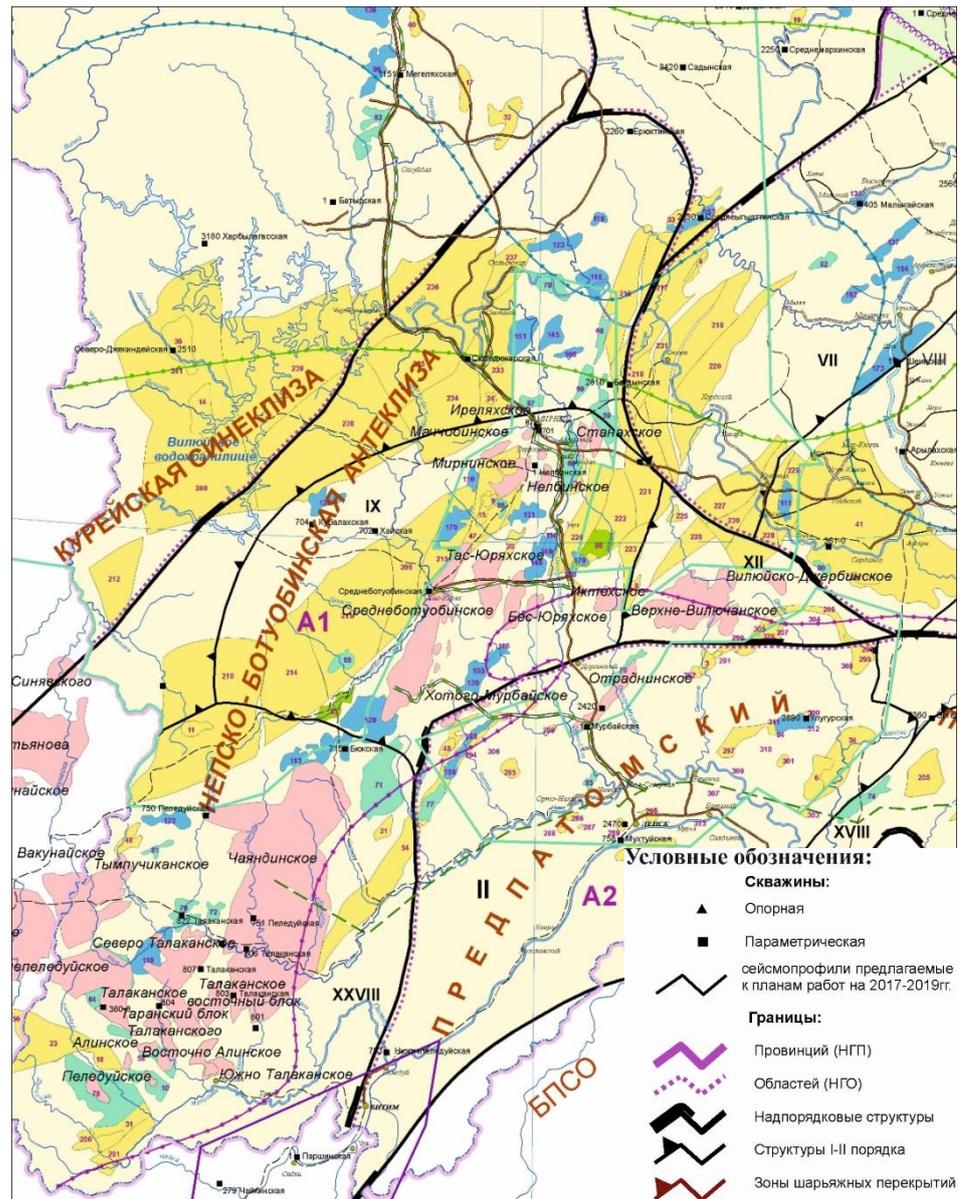


Рис. 1.4. Фрагмент тектонической карты северо-восточной части Непско-Ботубинской антеклизы [Отчет о результатах..., 2013].

В пределах Мирнинского выступа наиболее крупные локальные структуры и одноименные месторождения приурочены к его сводовой части – Среднеботуобинская, Тас-Юряхская, Иктехская, Мирнинская, Нелбинская, Маччобинская, Иреляхская, Станакская. Структуры построены сложно. Их амплитуда обычно составляет десятки метров, реже 100–150 км. Здесь широко развиты дизъюнктивные нарушения. Наряду с продольными, ориентированными параллельно длинной оси структур, отмечены поперечные нарушения.

Вилючанская седловина расположена между Мирнинским выступом и Сунтарским поднятием, а по сравнению к граничащим с ней Ыгыаттинской и Нюйско-Джербинской впадинами является приподнятой седлообразной структурой. Поверхность фундамента в пределах седловины воздымается к западу – в сторону Мирнинского выступа. Основное отличие Вилючанской седловины от прилегающей территории антеклизы – увеличенная толщина осадочного чехла, возрастающая за счет наиболее древних венд-рифейских отложений.

Широко развитые в пределах НБА дизъюнктивные нарушения в региональном плане группируются в несколько зон, прослеживаемых на большие расстояния. Вилюйско-Мархинская система нарушений северо-восточного простирания пересекает центральную часть Мирнинского выступа и Вилючанскую седловину. Юго-восточная граница НБА с Нюйско-Джербинской впадиной также проходит по серии разломов, пространственно тяготеющих к продолжению Вилюйско-Мархинской зоны.

Основная фаза проявлений дизъюнктивной тектоники связана со среднепалеозойским – раннемезозойским этапом развития территории и сопровождалась трапвым магматизмом. Крутопадающие дайки, горизонтально-ступенчатые и пологосекущие силлы интрузивных пород усложняют строение структур за счет механических раздвигов слоев и перераспределения материала. В целом же влияние

траппового магматизма на преобразование структурного плана отчетной территории и на коллекторские свойства продуктивных горизонтов не было существенным.

Сюгджерская седловина отделяет Анабарскую антеклизу от Непско-Ботуобинской и Курейскую синеклизу от Вилюйской. Ее площадь превышает 43 тыс. км². Подошва палеозойских отложений в пределах седловины в сторону отрицательных структур опускается, по-видимому, до абсолютных отметок – 2.5 км. Сочленение седловины с антекклизами достаточно плавное, а с синеклизой и региональным прогибом более крутое.

Непско-Пеледуйский свод представляет собой наиболее приподнятую часть Непско-Ботуобинской антекклизы размерами по кровле терригенного венда 275×210 км, амплитудой около 500 м. По кровле венда свод оконтуривается изогипсой –1200 м, его границы имеют разломную природу. Вверх по разрезу свод постепенно выполаживается и раскрывается в юго-восточном направлении.

Непско-Пеледуйский свод по фундаменту в низах осадочного чехла разбит грабенообразными прогибами субмеридионального и северо-западного простирания, проходящими через его центральную часть, на 4 блока: Алинский, Талаканский, Таранский и Чаяндинский, наиболее приподнятым из которых является Талаканский. В пределах блока фундамент вскрыт на абсолютной отметке –1169 м (скв. 825). На западе Талаканский блок отделен от Алинского и Таранского блоков протяженным (около 140 км) грабеном, амплитуда которого уменьшается в северном направлении с 700 до нескольких десятков метров; на востоке граница с Чаяндинским блоком проходит по субмеридиональному грабенообразному прогибу длиной 60 км, шириной в южной части до 7 км, амплитудой до 300 м. В строении блока принимают участие разрывные нарушения, разделяющие его на более мелкие блоки в виде горстов и грабенов. В центральной части проходит субмеридиональный грабен, разделяющий Центральный и

Восточный приподнятые блоки, к которым приурочены нефтяные залежи Талаканского месторождения.

Общие контуры Непско-Пеледуйского свода отчетливо выражены в рельефе фундамента и в основном совпадают с изогипсой – 1650 м, за исключением юго-восточной части (зоны сочленения с Ньюско-Джербинской впадиной), где граница структур первого порядка проводится вдоль разломов северо-восточного простирания, с которыми связаны линейные надвиговые структуры в осадочном чехле. Размеры свода составляют 280×200 км, амплитуда до 500 м.

Талаканский мегаблок осложнен сетью разрывных нарушений, разбивающих его на более мелкие блоки в виде горстовидных поднятий и грабенов. В центре блока наблюдается грабен меридианального простирания, который разделяет Центральный и Восточный приподнятые блоки. По отражающим горизонтам КВ и II (кровля билирской свиты нижнего кембрия) здесь локализуются замкнутые брахиантиклинали. С этими блоками связаны нефтегазовые залежи Талаканского месторождения.

Таранский и Алинский мегаблоки расположены к западу от Талаканского в пределах присводовой части Непского свода и его юго-западного склона. Этот район слабо изучен бурением. Условно мегаблоки разделяются грабенообразным прогибом. В наиболее приподнятых частях блоков открыты одноимённые Таранское и Алинское месторождения углеводородов.

Алинский мегаблок разделен на два блока Инейско-Пеледуйским разломом (Алинский и Пеледуйско-Мулисьминский). Инейско-Пеледуйский разлом выделен комплексом методов: сейсморазведкой и аэромагниторазведкой. В региональном плане разлом параллелен известному Могинско-Ленскому, который контролирует различные блоки на Верхнечонском месторождении. Его влияние на различное положение ВНК доказано глубоким бурением. Такую же роль может выполнять Инейско-Пеледуйский

разлом для имеющихся структурно-тектонических ловушек в Пеледуйско-Мулисьминском блоке. Названные блоки представляют собой обширные террасы, ограниченные крупными протяженными тектоническими нарушениями, структурными носами, валами, разделенными узкими линейными прогибами. Алинский мегаблок включает Алинскую, Карстовую, Гадалинскую и Делиндинскую локальные неантиклинальные структуры.

Чаяндинский мегаблок расположен к востоку от Талаканского блока в пределах юго-восточного склона Непского свода и разделяется на два крупных блока: Южный и Саманчакитский. С запада и юго-востока ограничен системой клинообразно сходящихся к югу разломов субмеридионального и северо-западного направлений.

1.3.2. Смежные территории на юго-востоке Непско-Пеледуйского свода (Байкало-Патомский складчатый пояс)

Геологическому строению и нефтегазоносности Предпатомского прогиба и Байкало-Патомского складчатого пояса на современном этапе изученности посвящены труды многих исследователей [Бобров, 1964; Бабаян, 1977; Бакин, 1966; Бурова, 2010; Вотяков, 2014; Граусман, 1999; Горнштейн, 1976, 1979; Гулари, 2005; Ефимов, 2009; Конторович, 1975, 1982, 2004; Ларионова, 2014; Матвеев, 1989; Модели строения и..., 2017; Мельников, 1977; Мигурский и др, 2012; Мигурский, Поплюйко, 1988; Перспективы нефтегазоносности региональных..., 2018; Ситников, 1996; Сметанин, 2000; Старосельцев, 1989; Судакова и др., 2011, Шемин и др., 2018 и др.].

Предпатомский прогиб в Патомском и Ажиткано-Непском секторах надвигой складчатости включает Нюйско-Джербинскую впадину и в целом может рассматриваться, как периферийная область крупного пояса шарьяжно-надвиговых структур юга Сибирской платформы.

Представление о характере складчатости на исследуемой территории Патомского сектора дает разрез осадочного чехла в смежном, расположенном южнее Ачиткано-Непском секторе [Сметанин, 2000] (рис. 1.5). Ачиткано-Непский сектор изучен, по сравнению с другими секторами, достаточно.

По мнению А.В. Сметанина существующая схема строения Предбайкало-Патомского надвигового пояса лишь в общих чертах охватывает конструкции геологической среды, которые сформировались вследствие надвиговых процессов. В прифронтальных зонах и горном фронте скважины практически отсутствуют, следовательно осадочный чехол изучен сейсморазведкой только в отдельных и незначительных районах, а структурные карты и разрезы по кристаллическому фундаменту до сих пор содержат «белые пятна» [Сметанин, 2000].

Предпатомский краевой прогиб в пределах Республики Саха (Якутия) занимает площадь порядка 84 тыс. км². Он сложен рифейским Витимо-Патомским палеопрогибом и унаследован развивавшимся над ним нижневендским бассейном. В среднем палеозое, мелу и неогене прогиб подвергся перестройке структурного плана. В результате которого по соленосным отложениям венда и кембрия сформировались крупномасштабные надвиговые дислокации. В современном структурном плане внутренняя платформенная среднепалеозойская часть дислокаций не проявляется на дневной поверхности, внешняя мел-неогеновая слагает Патомскую складчатую горную область.

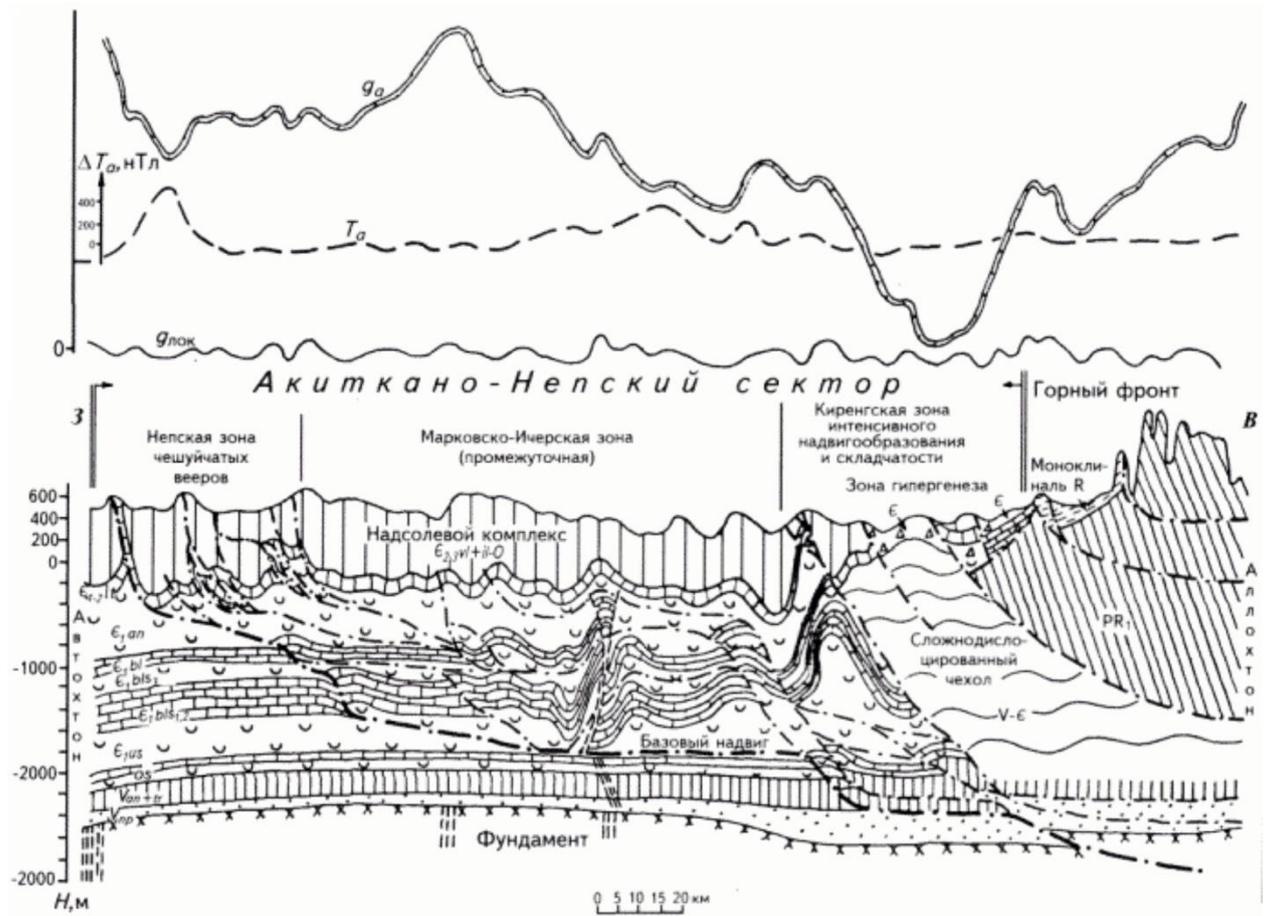


Рис. 1.5. Структура осадочного чехла
Акиткано-Непского сектора [Сметанин, 2000].

1 – песчаники, алевролиты, аргиллиты, глинистые сланцы; 2 – полимиктовые песчаники; 3 – песчаники, доломиты, известняки, ангидриты; 4 – каменная соль, доломиты, известняки; 5 – доломиты, известняки; 6 – красноцветные алевролиты, мергели, аргиллиты и песчаники; 7 – карбонатные брекчии в зонах гипергенеза; 8 – разломы: а – в фундаменте, б – предполагаемые в осадочном чехле.

1.3.3. Смежные территории на северо-западе Непско-Пеледуйского свода (Катангская седловина)

На территории Красноярского края расположены надпорядковые структуры юга Сибирской платформы – Катангская седловина и Байкитская антеклизы. Катангская седловина граничит с западным окончанием Непско-Пеледуйского свода НБА. Глубинное геологическое строение этой территории отличается от сложившихся представлений о глубинном строении свода, которые в свою очередь не являются безальтернативными.

Гипотеза члена-корреспондента РАН Б.А. Соколова, которая рассматривается далее подробно, касается глубинного строения Непско-Пеледуйского свода и предполагает, что вскрываемый скважинами фундамент представляет собой аллохтонный блок кристаллического фундамента, надвинутый на южную часть субширотно ориентированного Иркинеевско-Катангского рифейского рифта. Генераторами нефти являются рифейские нефтематеринские отложения мощностью свыше 5 км, которые находились в условиях главной фазы нефтеобразования [Соколов, 2001].

На всей территории НБА отложения рифейского возраста отсутствуют (не вскрыты бурением), но на территории Непско-Пеледуйского свода, по гипотезе Б.А. Соколова, они возможны в палеорифтовой системе под фундаментом, который может являться кристаллическим пластообразным телом. Напротив, на территории Красноярского края, смежной с западным окончанием НПС (Катангская седловина, Байкитская антеклиза) в разрезе осадочного чехла отложения рифейского возраста представлены в широком стратиграфическом диапазоне, а вскрываемый скважинами кристаллический фундамент однозначно является консолидированным. И здесь же развит Иркинеево-Чадобецкий авлакоген (палеорифт).

В настоящее время в Восточной Сибири на территории Красноярского края, Иркутской области и Республики Саха (Якутия) ОАО «Енисейгеофизикой» отработаны два опорных геотраверса: «Батолит-1» и «Алтай – Новая Земля». Геотраверс «Батолит-1» пересекает в субширотном направлении основные надпорядковые структуры Сибирской платформы: приенисейскую часть Западно-Сибирской плиты, Байкитскую антеклизу, Катангскую седловину, Непско-Пеледуйский свод НБА и Предверхоаянский прогиб (рис. 1.6). На геотраверсе выполнены сейсморазведочные работы методом общей глубинной точки (МОГТ) с удлиненной базой приема (20 км) и временем регистрации 24 с, что обеспечило изучение разреза земной коры и верхней мантии.

Определяющее значение для интерпретации материалов с целью обоснования гипотезы Б.А. Соколова и ее развития, а также защищаемых положений имеет сейсмический разрез МОГТ и наблюдения грави- и магнитного поля по восточному фрагменту геотраверса «Батолит-1», который проходит с северо-запада на юго-восток от зоны сопряжения Катангской седловины с НПС через Санарскую площадь, Верхне-Чонское и Талаканское месторождения нефти и газа и кончается в НДВ (рис. 1.6).

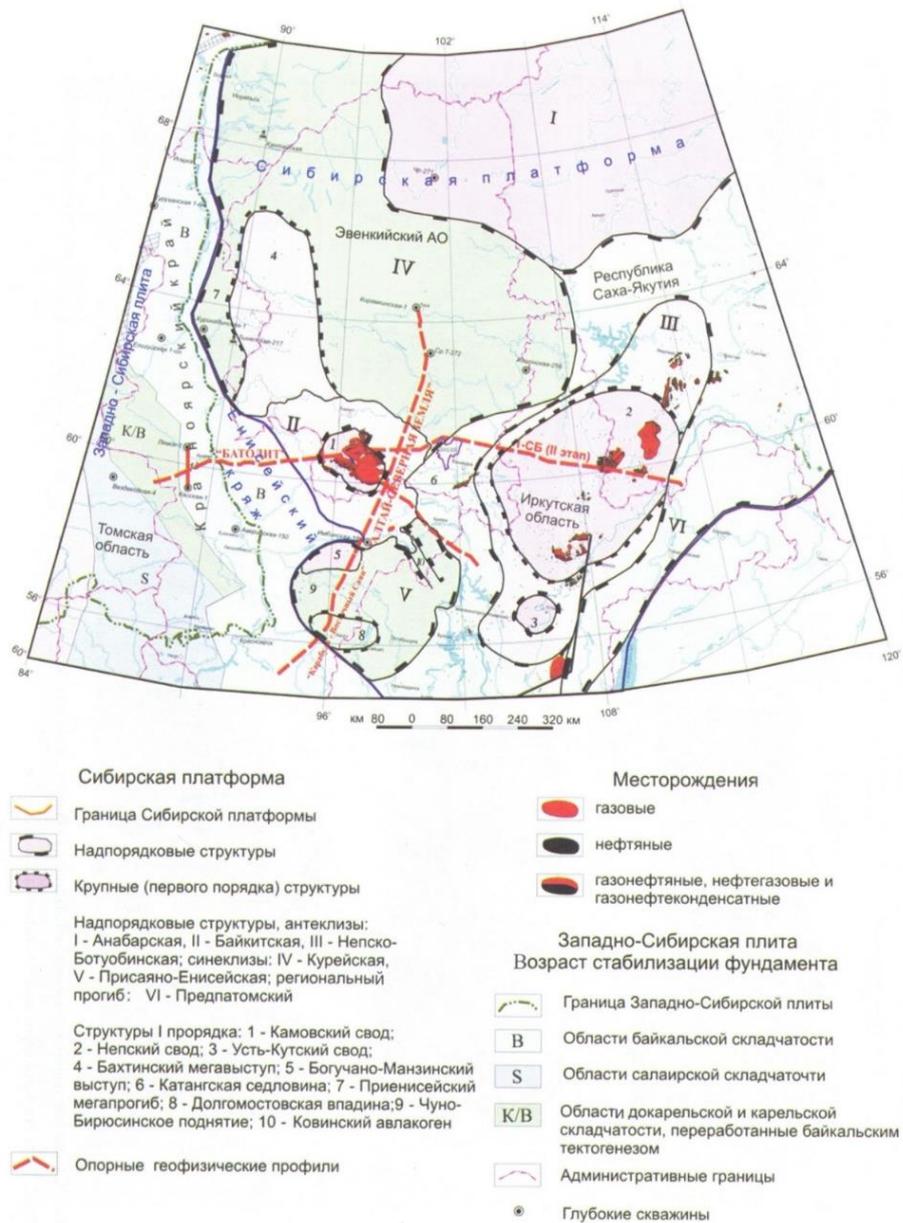


Рис. 1.6. Схема расположения опорных геофизических профилей [Детков и др., 2007].

Работы НПО «Енисейгеофизика» по обработке геотраверса «Батолит-1» и последующие за этим публикации о геологических результатах интерпретации материалов по ним завершены в 2007 году [Ларкин и др., 2007]. Однако глубинный сейсмогеологический разрез по сейсмическому разрезу МОГТ со стратификацией (привязкой) сейсмических отражающих горизонтов и кристаллического фундамента по данным глубокого бурения построен только на западный фрагмент геотраверса до границы с НПС (рис. 1.7).

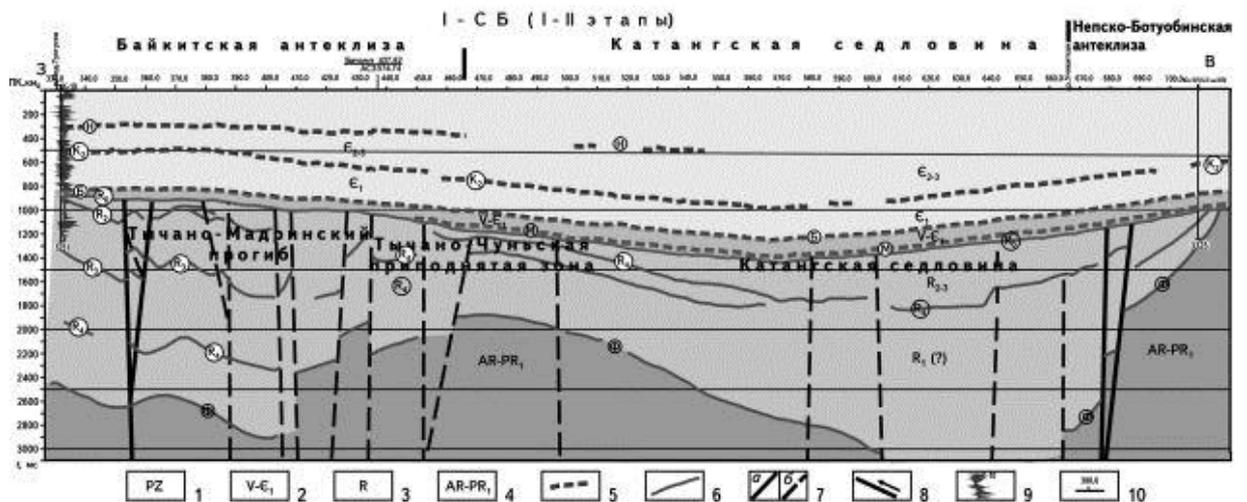


Рис. 1.7. Временной сейсмогеологический разрез по маршруту «Батолит-1» [Ларкин и др., 2007].

1 – палеозойские терригенно-соленосно-карбонатные отложения; 2 – венд-нижнекембрийские терригенно-сульфатно-карбонатные отложения; 3 – рифейские терригенно-карбонатные отложения (камовская серия); 4 – гранитогнейсовый комплекс консолидированной земной коры; 5 – отражающие горизонты; 6 – предполагаемые границы сейсмогеологических комплексов; 7 – субвертикальные разломы, ограничивающие блоки: земной коры (а), более высокого порядка (б); 8 – надвиги и направление падения смесителей; 9 – кривые ГИС (АК, НГК, ПС); 10 – сейсмический профиль и номера пикетов.

Корреляция разрезов может быть затруднена из-за мозаичной структуры рифейского этажа платформы, так как палеорифты и другие структуры рифейского времени подчинялись, вероятно, меридиональным, субмеридиональным и субширотным разломам. Видимо, вдоль этих направлений в конце рифея и происходила инверсия [Баженова и др., 2011].

Отсутствие временного сейсмогеологического разреза по маршруту «Батолит-1» на восточный фрагмент геотраверса через территорию Непско-Пеледуйского свода может быть связано с принципиальными затруднениями в корреляции и стратификации сейсмических горизонтов при переходе к территории Непско-Пеледуйского свода. Эти затруднения связаны с тем, что последний рассматривается в рамках традиционных представлений как приподнятая часть более крупной платформенной структуры (антеклизы) конседиментационного развития с консолидированным фундаментом, в то время как в основании свода может быть развита инверсионная палеорифтовая структура, вмещающая другой разрез докембрийских пород. Как свидетельствуют литературные источники, к этому имеются основания.

В неопротерозое между крупнейшими Ангаро-Анабарскими и Алданскими жесткими мегаблоками был заложен Патомско-Вилюйский рифт, вытянутый в северо-восточном направлении от Байкало-Патомского нагорья в сторону Вилюйской синеклизы [Горбачев, 1983; Гладкочуб и др., 2007; Мигурский, 2013]. А.В. Мигурский отмечает, что за границы Патомско-Вилюйского рифта приняты основные региональные разрывы вдоль его окраин. Важной чертой рассматриваемой структуры является небольшая Паршинско-Талаканская рифтовая ветвь, ориентированная в северо-западном направлении. На ее продолжении фиксируется сгущение микрограбенов, прослеживаемых до Верхнечонского и Вакунайского месторождений, возможно, и далее [Мигурский, 2014] (рис. 1.8).

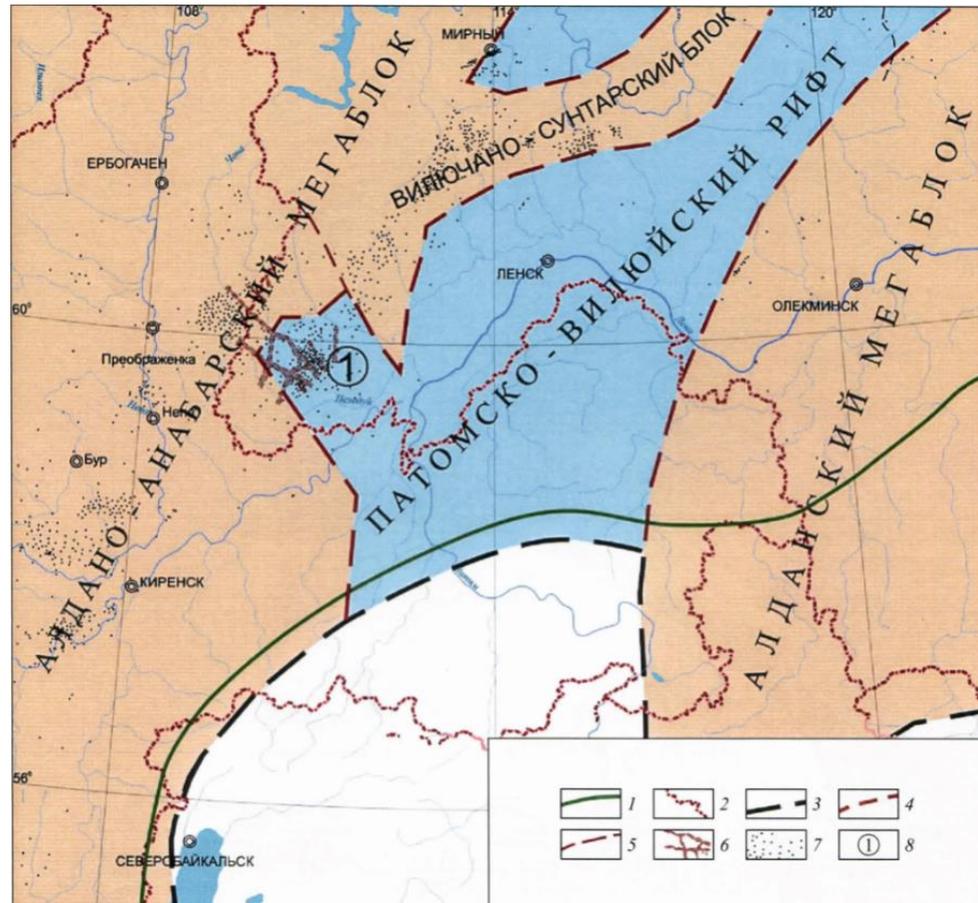


Рис. 1.8. Изопахиты рифейско-нижневендских отложений ПРП [Шемин, 2017].
 Границы: 1 – Лено-Тунгусской НГП, 2 – надпорядковых тектонических структур по отложениям венда, 3 – административные. Разрывы: 4 – граничные, 5 – основные, 6 – микрогробены, 7 – изопахиты. Неопротерозойские структуры: 8 – Ангаро-Анабарский и 9 – Алданский мегаблоки, 10 – Вилучано-Сунтарский блок, 11 – глубокие скважины.

На временном сейсмогеологическом разрезе западного фрагмента геотраверса «Батолит-1» (рис. 1.7) отмечаются особенности строения и стратификации, имеющие значение при разработке новых моделей глубинного строения НПС. На временном разрезе выделены и прослежены следующие опорные отражающие горизонты [Ларкин и др., 2007]: H_2 , H_4 – кровля и подошва ангарской свиты; K_1 , K_2 – граница между карбонатными отложениями булайской свиты и соленосными образованиями верхнебельской подсвиты (K_1) и соленосными отложениями верхнебельской и карбонатными образованиями нижнебельской подсвит (K_2); U_0 , U – граница между карбонатными отложениями нижнебельской подсвиты и соленосными толщами усольской свиты (U_0) и соленосно-карбонатной толщи в средней части усольской свиты (U); Б – граница между

«подосинскими» солями усольской свиты и карбонатной тэтэрской; М – граница вблизи подошвы катангской свиты; R_0 – подошва венд-палеозойского комплекса (поверхность регионального размыва рифейских пород); R_2 – подошва токурской свиты; R_2^1 – внутри вингольдинской свиты; R_3 – кровля копчерской свиты; R_3^1 – внутри куюмбинской свиты; R_3^2 – вблизи кровли юрубченской свиты; R_4 – подошва мадринской свиты; R_5 – отложения нижнего протерозоя; Ф – поверхность фундамента (AR-PR₁).

По интерпретации авторов В.Н. Ларкина и В.И. Вальчака на временном сейсмогеологическом разрезе [Ларкин и др., 2007], интересующей зоны сопряжения восточного борта Катангской седловины (ПК 670 км) и западного борта Непско-Ботуобинской антеклизы (ПК 710 км), отмечаются следующие особенности. Характер сочленения блоковый, разделен сбросами на тектонические ступени, завершаемые клиновидным глубинным разломом. Амплитуда сброса более 4500 м. К востоку наблюдается подъем поверхности фундамента до глубины 2000 м и выше. Предполагается, что субвертикальный клиновидный разлом контролирует в основном западный борт развития мощной толщи пород рифейского комплекса, верхняя часть которого с угловым несогласием (до 10°) залегает на западном склоне Непско-Ботуобинской антеклизы. На востоке отмечено полное отсутствие пород рифея (к востоку от ПК 710 км) [Ларкин и др., 2007].

Описанный характер зоны сочленения Катангской седловины и западного борта Непско-Ботуобинской антеклизы, не может считаться безальтернативным, пока отсутствует стратиграфически привязанный сейсмогеологический разрез фрагмента профиля через территорию Непско-Пеледуйского свода. Об этом свидетельствует спокойное поведение гравитационного поля в зоне сопряжения по профилю «Батолит-1», в котором не отражается амплитудный разлом и резкий подъем кристаллического фундамента при переходе от Катангской седловины к западному борту НБА.

1.4. Нефтегазоносность

Изучаемая территория Непско-Пеледуйского свода НБА находится в Непско-Ботуобинской НГО Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции (рис. 1.9).

Чаяндинское месторождение расположено в 140 км северо-западнее г. Ленска и в тектоническом плане приурочено к восточному склону Непского свода. В современных контурах оно объединяет Озерную, Нижнехамакинскую и собственно Чаяндинскую площади. На сегодняшний день Чаяндинское месторождение является одним из наиболее крупных нефтегазовых месторождений на Сибирской платформе. Здесь, с учетом Озерной и Нижнехамакинской площади, пробурено 52 скважины, выявившие залежи в ботуобинском, хамакинском, талахском и вилючанском горизонтах.

Кроме того, непромышленные притоки получены из карбонатов осинского горизонта, а также межсолевых отложений нижнего кембрия. Залежи нефти нефтегазовые и газовые, пластовые, неантиклинальные, литологически и стратиграфически экранированные, блоковые. Максимальный приток газа составил 458 тыс. м³/сут, нефти – 30 м³/сут (ботуобинский горизонт).

Талаканское месторождение открыто в 1984 году, расположено в 140 км западнее г. Ленска. В бурение площадь была введена в 1980 году, и на сегодняшний день здесь пробурено 60 скважин. Притоки УВ получены из отложений ботуобинского, хамакинского и осинского горизонтов, при этом залежь последнего из них является базовым объектом разведки. По современным представлениям месторождение приурочено к двухкупольной брахиантиклинальной складке, расположенной в сводовой части Непского свода. Залежи нефтегазовые и газовые, пластовые и пластово-сводовые, неантиклинальные, литологически, тектонически и стратиграфически экранированные, блоковые. Максимальный приток газа достигает 550 тыс. м³/сут (осинский горизонт).

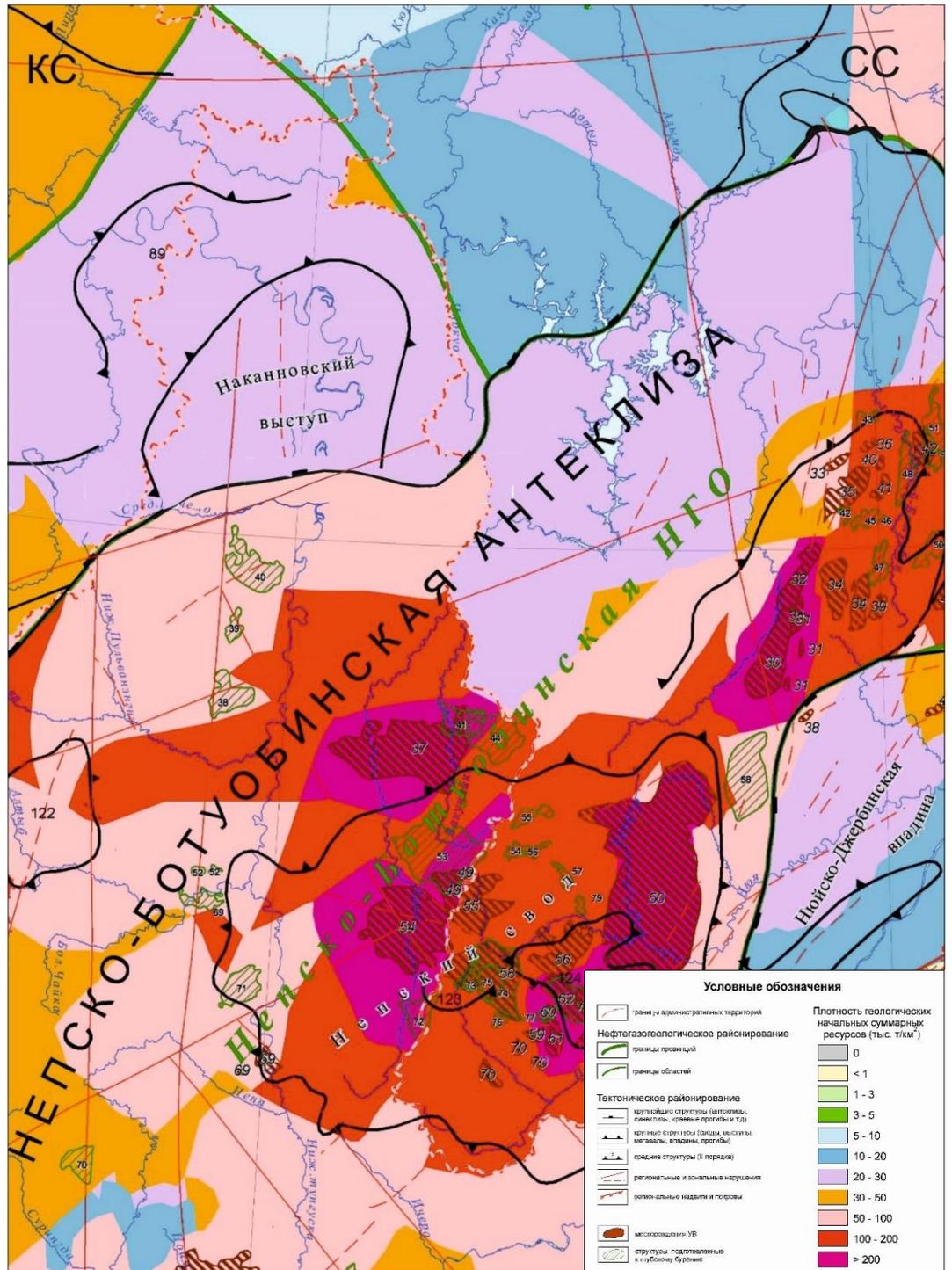


Рис. 1.9. Фрагмент карты нефтегазоносности изучаемой территории.
Масштаб 1:2 500 000 [Старосельцев, 2012].

Верхнечонское месторождение расположено в Катангском районе Иркутской области, в 270 км севернее г. Киренска и приурочено к центральной части Непского свода. В 1978 году был получен фонтанный приток газа из песчаников непской свиты.

Скопления нефти и газа выявлены в карбонатных отложениях осинского горизонта усольской свиты, усть-кутского горизонта тэтэрской свиты, в преобразенском горизонте катангской свиты и терригенных пластах ВЧ1 и ВЧ2 непской свиты, являющихся аналогами хамакинского и талахского горизонтов. Незначительные притоки УВ получены из карбонатов христофоровского горизонта бельской свиты. Притоки пластовой воды и нефти получены также из коры выветривания кристаллического фундамента. Залежи газоконденсатные и нефтегазовые, неантиклинальные, пластовые, литологически, тектонически и стратиграфически экранированные, блоковые. В песчаниках широко развиты вторичные процессы (в основном галитизация), резко снижающие коллекторские свойства последних. Максимальные притоки нефти составляют 100 м³/сут (горизонт ВЧ1), газа – 23 тыс. м³/сут (преобразенский горизонт).

Вакунайско-Тымпучиканское месторождение расположено в Иркутской области (Вакунайская площадь) и Республике Саха (Якутия) (Тымпучиканская площадь) в 260 км северо-восточнее г. Киренска. Каждая из этих площадей геологическими организациями Иркутска и Якутска рассматриваются как самостоятельные месторождения. Тымпучиканская площадь была введена в бурение в 1987 году, а первый приток газа был получен в 1989 году. В эти же годы в бурение была введена и Вакунайская структура.

Притоки нефти и газа были получены из отложений горизонта ВЧ1 (аналог хамакинского горизонта) и ВЧ2 (аналог талахского горизонта). Кроме этого на Вакунайской площади получены притоки газа из осинского и усть-кутского (аналог юряхского) горизонтов. Основанием для разделения этих месторождений послужило изменение характеристик горизонта ВЧ1, вскрытого скважинами Вакунайской и Тымпучиканской площадей, а также ухудшение коллекторских свойств песчаников горизонта в скв. 18, 19 Вакунайской площади. Однако такое разделение этих месторождений носило скорее административный характер, чем имело под собой геологическую основу.

Месторождение приурочено к восточному склону Верхнечонского структурного мыса, а залежи нефти и газа – к ловушке неструктурного (неантиклинального) типа. Залежи нефтегазовые, неантиклинальные, пластовые, литологически и тектонически экранированные, блоковые. Максимальные притоки газа составляют 300 тыс.м³/сут (горизонт ВЧ2), нефти – 18.2 м³/сут (ВЧ1).

Алинское месторождение открыто в 25 км западнее Талаканского месторождения в 1991 г. и приурочено к одноименному сводовому поднятию, имеющему размеры 30×20 км и амплитуду 62 м. Бурение на площади было начато в 1991 г. Всего было пробурено две скважины, в которых были получены притоки нефти и газа из хамакинского горизонта. Кроме этого, признаки нефтеносности отмечены в осинском и талахском горизонтах. Залежи нефтегазовые, неантиклинальные, пластовые, литологически и стратиграфически экранированные, блоковые. Максимальные притоки газа составили 250 тыс. м³/сут (осинский горизонт – скв.2091 Делиндинская).

Разрез осадочного чехла Непско-Пеледуйского свода и Мирнинского выступа, осложняющих центральную наиболее приподнятую часть НБА и содержащего преобладающую часть установленных здесь запасов нефти и газа, слагают в основном отложения преимущественно терригенно-карбонатного венда и сульфатно-карбонатно-терригенные отложения кембрия. Осадочный чехол мощностью 1.5–2.0 км залегает на архейско-нижнепротерозойском кристаллическом фундаменте.

Глубокие скважины, вскрывающие кристаллический фундамент на территории НПС, пробурены, преимущественно, на выявленных структурах и месторождениях. В приплатформенном крыле Нюйско-Джербинской впадины таких скважин немного (Паршинская 1, 540-ЗП, Суларская 2420, Отраднинская 3142, Борулахская 2761, Хотого-Мурбайские 730,733 и др.), но все они вскрывают кристаллический фундамент на относительно небольшой глубине (2.5–3.0 км) и в разрезах скважин отсутствуют

рифейские отложения ниже талаканской толщи. Во внутренней части НДВ на правобережье р. Лена фундамент не вскрыт [Берзин и др., 2013].

Предпатомская НГО соответствует Предпатомскому окраинному прогибу. Глубинное строение малоизучено. Вместе с тем установлено присутствие в разрезе аналогов практически всех продуктивных горизонтов, выявленных в разрезе Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области (НБНГО). В Предпатомской НГО аналоги продуктивных горизонтов НБНГО отличаются большими мощностями, ухудшенными ФЕС пород-коллекторов. Предполагается наличие продуктивных горизонтов в рифейской части разреза. В ее пределах открыто одно месторождение в Нюйско-Джербинской впадине и одно месторождение в Березовской впадине.

В изучаемом районе Предпатомского прогиба по материалам сейсморазведки с поддержкой данных бурения единичных параметрических и поисковых скважин установлено региональное, почти повсеместное развитие в осадочном чехле надвиговых дислокаций, в которых хорошо изучены структуры шарьяжно-надвиговой тектоники [Мигурский и др., 1989]. При этом А.В. Мигурский считает, что надвиговые дислокации способствовали миграции флюидов, в том числе УВ со стороны Байкало-Патомской складчатой области генерации УВ в сторону Сибирской платформы [Мигурский, 2010].

В Предпатомском прогибе разрез вендских отложений осадочного чехла имеет наибольшую стратиграфическую полноту, отличается увеличенной толщиной, возросшей долей карбонатных пород в нижней части. Рифейские отложения выполняют узкие линейно вытянутые грабены в поверхности фундамента, ориентированные вкрест Предпатомскому прогибу и представлены конгломератовой толщей с прослоями глинистых песчаников (талаканская свита) и кварцевыми песчаниками хоронохской свиты [Судакова и др. 2011].

Другими исследователями перспективы нефтегазоносности Предпатомского прогиба оцениваются, как правило, неоднозначно. На огромной территории

Предпатомского прогиба проведены в небольшом объеме сейсморазведочные работы и пробурено 46 неглубоких скважин на трех открытых месторождениях: Бысахтахском, Отраднинском и Хотого-Мурбайском. Основные перспективы нефтегазоносности прогиба, как и смежных с ними крупных структур, связаны с двумя макрокомплексами вендским терригенным и перекрывающим его верхневендским-нижнекембрийским подсолевым карбонатным [Шемин и др., 2018].

Это связано с тем, что литофациальные и тектонические условия нефтегазоносности (и без того достаточно сложные в краевых частях типично платформенных территорий) закономерно ухудшаются в сторону прилегающей складчатой области (увеличивается плотность разреза, резко возрастает его дислоцированность, ухудшаются условия сохранения возможных скоплений нефти и газа» [Сереженков и др., 1996].

Так, А.В. Сметанин на основе имеющихся материалов приходит к заключению, что в пределах аллохтона сосредоточены относительно небольшие, но высокодебитные месторождения, связанные с трещинными карбонатными коллекторами. При этом важным поисковым признаком является наличие как структур осадочного чехла, так и крупных тектонических зон фундамента, разрушающих базальные терригенные и вышележащие слои. Лишь в пределах прифронтальных зон и горного фронта в венд-рифейских отложениях можно предполагать наличие крупных неразрушенных месторождений УВ, законсервированных вследствие надвиговых процессов [Сметанин, 2000].

1.6. Глубинные модели строения континентальной земной коры

На территории бывшего СССР в течение 1970-1980 гг. прошлого века отработано значительное количество протяженных региональных профилей по методике ГСЗ. Маршруты пересекают различные структурные элементы земной коры (древние и молодые платформы, геосинклинальные области, рифтогенные структуры),

различающиеся историей геологического развития, формационным набором слагающих их пород и металлогенической специализацией. В это же время были заложены ряд глубоких и сверхглубоких скважин с целью изучения породных ассоциаций чехла и фундамента платформ, геосинклинальных разрезов, физико-химического состояния вещества и процессов рудообразования на значительных глубинах. Важной задачей являлось также установление типов, состава, степени метаморфизма горных пород, слагающих сейсмические слои земной коры и геологической природы границ их разделяющих.

В конце 1970 годов по материалам ГСЗ была принята трехслойная модель строения земной коры [Сейсмические модели литосферы..., 1980]. Каждый слой земной коры характеризуется определенными физическими параметрами (рис. 1.10). Границами раздела консолидированной коры являются сейсмические границы K_1 и K_2 , а граница K_0 приурочена к поверхности кристаллического фундамента. Граница Мохо характеризуется резким скачком скорости продольных волн (V_p) и выделяется, в пределах континентальных областей, на глубинах от 35–37 км до 50–55 км в зависимости от геотектонических типов структур.

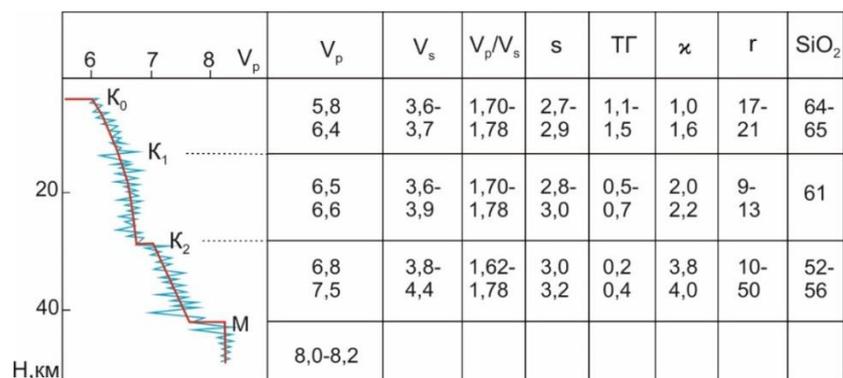
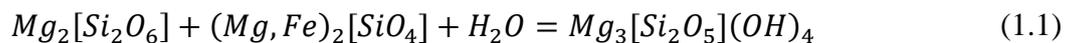


Рис. 1.10. Обобщённая геофизическая модель континентальной земной коры [Глубинное строение..., 1991].

Скорости продольных (V_p) и поперечных (V_s) волн, км/с; s – плотность, г/см³; теплогенерация (ТГ), мВт/м²; χ – магнитная восприимчивость, А/м; r – электропроводность, Ом/м; содержание SiO₂, вес %; K₀, K₁, K₂ – сейсмические границы, разделяющие основные этажи консолидированной земной коры; М – поверхность мантии.

С представленной геофизической моделью перекликается по скоростной характеристике и границам (K_1 , K_2 , M) комплексная геолого-физическая модель коры на платформах и щитах, связанная с представлениями о серпентинизированном составе горизонтов земной коры, границы в которой разделяют серпентинизированные и несерпентинизированные ультрабазиты и которая сформулирована впервые С.В. Москалевой [Москалева, 1971]. Эту модель приводит [Резанов, 2002] (рис.1.11). Уточняется, что серпентинит – горная порода, представляющая собой продукт регионального или контактового метаморфизма богатых магнием ультраосновных или карбонатных пород. Состоит серпентинит в основном из минералов группы серпентина, может содержать магнетит, карбонат, тальк и др. [Горная энциклопедия, 1985].

В рассматриваемой модели строения земной коры второй слой (наиболее гидратированный) мог образоваться за счет регрессивного метаморфизма при подъеме ультраосновной магмы в верхние слои коры. Наиболее характерной для регрессивной стадии метаморфизма перидотитов является следующая реакция (1.1), которая, как показали экспериментальные исследования, идет с наибольшей скоростью [Варлаков, 1986]:



Прокомментирую физические характеристики (простые модели) этой комплексной модели, показанные на рис. 1.11.

I. Геологическая модель: верхний слой гранито-гнейсовый, аналог алдания (гранитизированные гранулиты) мощностью до 10 км; средний слой до 25–30 км существенно серпентинизированные (гидратированные) ультрабазиты; нижний слой незначительно серпентинизированные (слабо гидротированные) ультрабазиты; ниже магма- неизмененные ультрабазиты;

II. Скоростная модель: верхний градиентный слой; средний безградиентный и даже с завалом скорости до 5.5–6.0 (такую низкую скорость имеют только серпентиниты); нижний градиентный-увеличение скорости обусловлено снижением гидратации ультрабазитов; между первым и вторым, вторым и третьим слоями границы K_1 и K_2 , в подошве коры граница М.

III. Тепловая: определяет распределение потока по глубине; практически весь поток сосредоточен в верхнем слое коры, что подтверждает сиалический состав первого слоя и сиаму второго и третьего слоя.

IV. Электрическая: проводящим частично является верхняя часть второго слоя, а существенно проводящим является нижняя часть третьего слоя за счет дегидратации серпентинитов с повышением температуры и образованием минерализованной свободной воды.

V. Магнитная: незначительной намагниченностью обладает первый слой (порядка 0.5 А/м), второй и верхняя часть третьего немагнитны, а нижняя часть коры (конформно с поведением проводимости) имеет резко повышенную намагниченность, что объясняется образованием магнетита под действием окислительной обстановки при дегидратации серпентинитов.

VI. Реологическая (вязкостная): вязкость во втором слое резко падает с 10^{24} до 10^{18} единицы измерения?а затем плавно возрастает до первоначального уровня. Падение вязкости связано с участками высокосерпентинизированных ультрабазитов, которые «текут» даже при незначительной нагрузке.

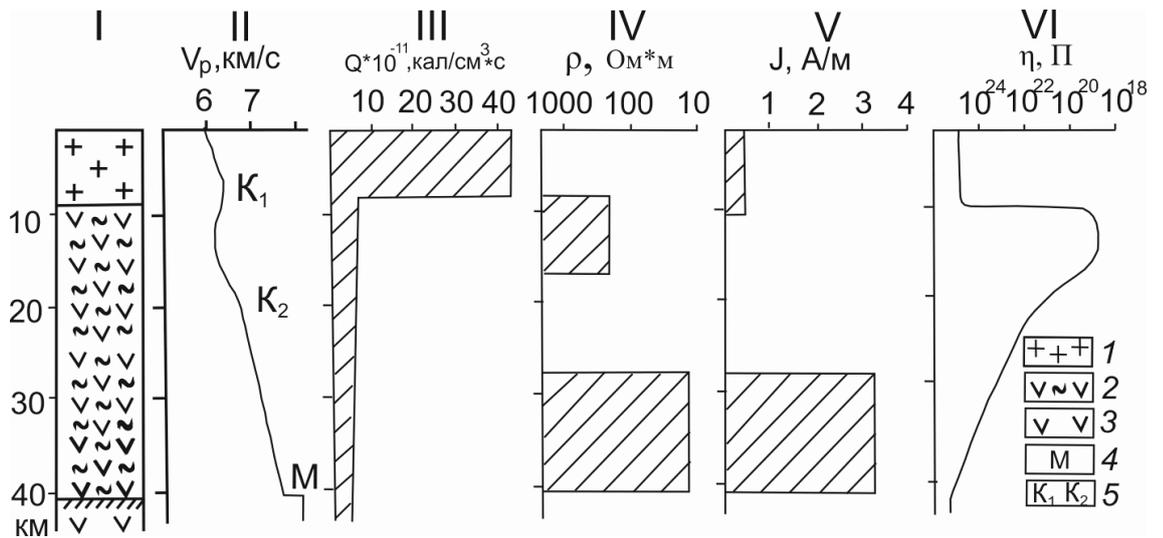


Рис. 1.11. Физические модели земной коры древней платформы [Резанов, 2002]. I – геологическая, II – сейсмическая, III – тепловая, IV – электрическая, V – магнитная, VI – реологическая (вязкость); 1 – катархейские гранито-гнейсы, 2 – серпентинизированные ультрабазиты, 3 – ультрабазиты, 4 – границы Мохо, 5 – сейсмические границы внутри коры

Физическая модель земной коры древней платформы (рис. 1.11) выбрана А.Г. Берзиным для обоснования характера срыва аллохтонной кристаллической пластины фундамента, покрывающей палеорифт в основании НПС [Берзин и др., 2013]. В рамках данной модели строения земной коры сорванный блок кристаллического фундамента первоначально мог быть только блоком гранито-гнейсового слоя земной коры. Его срыв мог быть латеральным на уровне переходного слоя между верхним гранитным ($\sigma=2750 \text{ кг/м}^3$) и нижним базитовым ($\sigma=3100 \text{ кг/м}^3$) слоями [Берзин и др., 2013], где резко снижена на 6 порядков реологическая вязкость с 10^{24} до 10^{18} Па·с. Эта особенность легла в основу модели эволюции рифта и образования реликтовой кристаллической пластины.

1.7. Рифтовые системы

Большинством исследователей под рифтовыми системами понимаются полосовидные тектонические зоны сопровождаемые грабенами, формировавшимися в условиях растяжения, перпендикулярного простиранию зоны [Белоусов, 1962; Милановский, 1983]. Термин введен Дж. Грегори для Кенийского грабена. Долгое время в

понятие рифт вкладывалось геоморфологическое понятие в последние годы оно началось наполняться структурно-вещественным историко-геологическим содержанием.

Существующие представления о строении и развитии континентальных рифтов складывались при изучении Байкальской, Восточно-Африканской Левантийской и Рейнской кайнозойских рифтовых систем.

Особенности рифтовых систем:

1. С рифтовыми системами связаны повышенные в два три-раза и более по сравнению со смежными территориями тепловые потоки [Morgan, 1982], повышенная сейсмичность интенсивные отрицательные гравитационные аномалии [Fairhead, Stuart, 1982]. Как правило, с рифтовыми зонами связано утонение консолидированной земной коры, подъем границы Мохо и др. Последние признаки проявляются на временном разрезе «Батолит-1» на территории НПС.

2. Рифтогенез неизбежно сопровождается сводообразным вздутием земной коры, расчлененным грабенами. Проявление этого признака и его масштабы различны. С учетом этого Милановским выделяется два типа континентального рифтогенеза: сводово-вулканические и щелевые невулканические.

В соответствии с классификацией [Милановский, 1983] предполагаемый палеорифт в основании Непско-Пеледуйского свода относится к внутриконтинентальному I-го (эпиplatformенный (интракратонный) рифт сводово-вулканического типщелевого невулканического типа) или III-го (посторогенная рифтовая система) типа. Континентальные рифтовые структуры с позиции плитной тектоники являются побочными ответвлениями цикла Уилсона, т.е. структурами, в которых растяжение прекращается до начала спрединга или в ранний периоды его развития. В первом случае материковый рифт становится палеорифтом, а во втором превращается в локальную палеоось спрединга.

По Милановскому для позднепротерозойских палеорифтов характерно, что в их развитии помимо главной, ведущей тектонической тенденции — горизонтального растяжения земной коры — всё более существенное значение, особенно на поздних стадиях, играли проявления её горизонтального сжатия, а значит инверсии [Милановский, 1983].

Именно эти процессы на стадии инверсии рифта, по нашему мнению, привели к выдавливанию надвинутого блока гранитно-гнейсового слоя, его последующей денудации и образованию реликтовой пластины. Одновременно с этим на юго-восточном борту рифта был выдавлен под пластину гранулитно-базитовый блок, вызывающий характерную аномалию поля ΔG .

ГЛАВА 2. ДАННЫЕ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Обоснование комплекса данных

Использовался оптимальный комплекс геолого-геофизических данных, согласующийся с геологическими и тектоническими особенностями строения территории НПС и сопряжённого с ним Предпатомского прогиба и возможностями геофизических методов для установления на ней новых черт глубинного строения. Обоснование применяемого комплекса данных приведено далее.

1. Сейсмические материалы. Их применение обусловлено повышенными по сравнению с другими геофизическими методами возможностями современной сейсморазведки в картировании геологических реперов осадочного чехла и кристаллического фундамента и выделения глубинных разломов при региональном и детальном изучении глубинного строения территории.

Использовались временные разрезы МОГТ и их трансформации по восточному фрагменту профиля «Батолит-1» в интервале ПК 670-1140 км, [Обоснование новых направлений...], временные разрезы МОГТ по сейсмическим маршрутам М-08-02, М-08-03, М-08-05 [Отчет о результатах..., 2009], расположенные вквост простиранию НБА, а также структурные карты по кристаллическому фундаменту и отражающим сейсмическим горизонтам в осадочном чехле НБА [Особенности размещения залежей...].

Ниже, в плане решения поставленных задач, приведен пример эффективности структурных построений на территории НПС по сейсмическим данным, дающие основание предположить существование кристаллического пластообразного тела палеорифта в основании НПС (рис 2.1 а,б).

2. Данные гравиметрии в комплексе с данными магнитометрии и магнитно-теллурического зондирования (МТЗ) имеют большое значение при тектоническом районировании территории и использовались в частности для доказательства присутствия

в основания НПС палеорифтовой структуры и построения геоплотностной модели глубинного геологического строения свода по профилю «Батолит-1», а также установлении по данным площадных грави-магнитных наблюдений глубинного разлома (краевого шва), сочленяющего платформу и прифронтальную зону надвигового пояса на границе с БПСО.

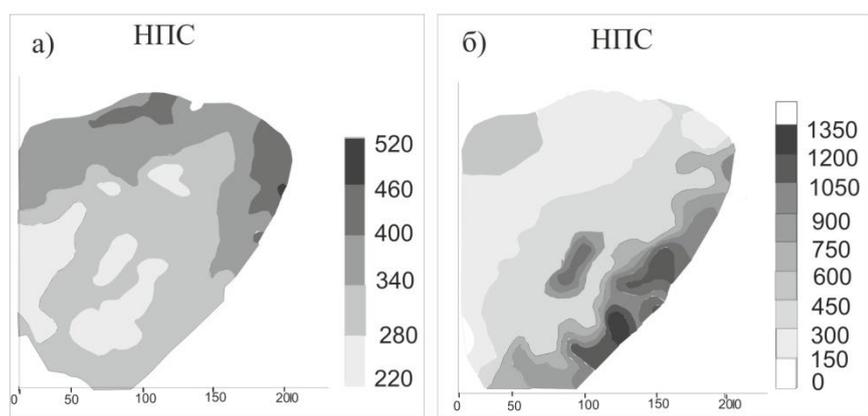


Рис. 2.1. Карты толщин отложений [Особенности размещения залежей...]:
а) между кровлями билирской и бюкской свит; б) между кровлями бюкской свиты и фундамента (матричное представление).

Особенностью магнитометрии является то, что на ее измерение оказывает влияние преимущественно консолидированная часть земной коры до границы Мохо, т.е. гранито-гнейсовый и гранулитобазитовый слои. Это связано с тем, что осадочный чехол слабомагнитный, а породы верхней мантии нагреты выше температуры Кюри и немагнитны. С учетом первого отмеченного обстоятельства можно заключить, что амплитудные аномалии магнитного поля ΔT на территории НПС обусловлены нарушением (поведением) гранулитобазитового слоя.

На восточном фрагменте профиля «Батолит-1» зафиксированы синфазные аномалии гравитационного ΔG и магнитного поля ΔT на ПК 1130, которые на порядок превышают аномалии, вызванные неоднородностями в гранитно-гнейсовом слое. С учётом изложенных выше обстоятельств можно заключить, что эти аномалии вызваны

неоднородностями гранулитобазитового слоя (поднятыми блоками), а положение аномалий может быть увязано с положением восточного борта палеорифта в основании НПС (рис. 3.3).

О нетипичном для конседиментационного развития глубинном строении Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА), включая ее Непско-Пеледуйский свод (НПС), демонстрируют минимумы суммарной проводимости ρ_{Σ} в апикальной части НПС по данным МТЗ, а также несовпадение структурных планов карт гравитационного и магнитного полей, свидетельствующее о структурных перестройках глубоко залегающих комплексах фундамента и верхней части земной коры (Рис. 2. 2).

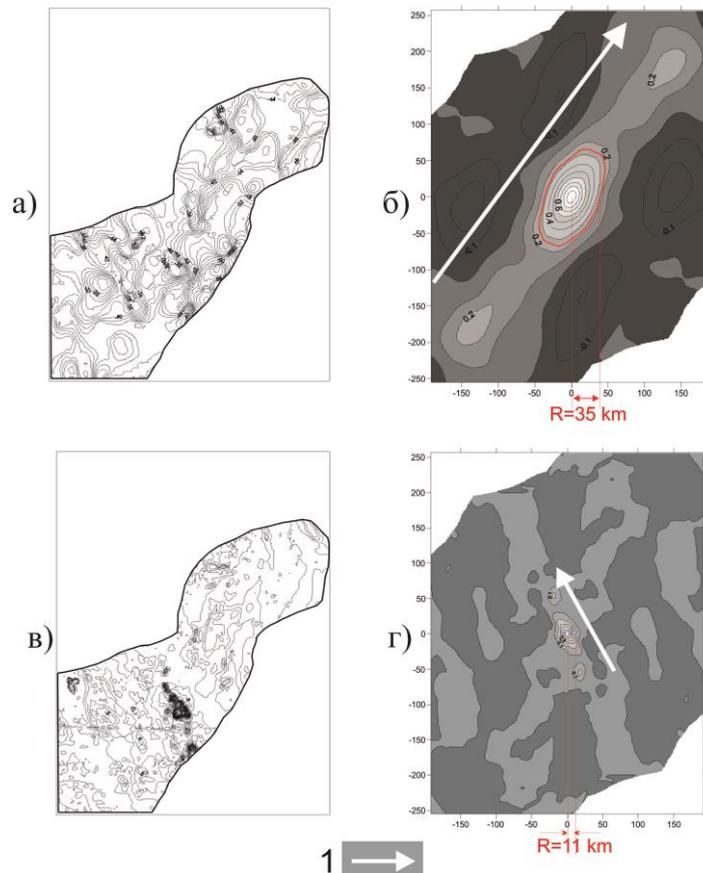


Рис.2.2. Потенциальные поля и их двумерные функции автокорреляции (ДФАК) на территорию НБА [Особенности размещения залежей...].
 а) поле ΔG ; б) ДФАК поля ΔG ; в) поле ΔT ; г) ДФАК поля ΔT . R-радиус корреляции поля; 1-направление простирания поля.

3. Данные глубоких скважин: 2-СН, 137-Прж, 69-Вчн, 62-Вч, 42-Вч [Архивные данные ПАО «Верхнечонскнефтегаз»], 804-Тл, 826-Тл, [Архивные данные ННК «Саханефтегаз»], включающие геологические разрезы (колонки) скважин, комплекс стандартного каротажа ГИС для корреляции разрезов скважин (КС, ПС, ДС, ГК) и акустический каротаж (АК) для стратиграфической привязки сейсмических горизонтов на сейсмических разрезах МОГТ.

2.2. Методы исследований

2.2.1. Методика и техника полевых работ

В основе настоящей работы лежат геолого-геофизические исследования, полученные методом сейсморазведки, магниторазведки, гравиразведки и электроразведки МТЗ.

Структурная сейсмическая разведка, кроме решения задач структурной геологии, имеет четкую практическую направленность на поиск нефти и газа. Она проводится на суше, на морях, океанах, вдоль рек и имеет дело с глубинами исследования до 10 км. Структурные задачи решаются сейсморазведкой методом отраженных волн [Хмелевской, 2004]. Сейсморазведочные работы на изучаемой территории проводятся с 1968 года и выполнялись в модификациях метода отраженных волн (МОВ), МОГТ. До 1977 года работы проводились в основном по методике полуторкротного профилирования МОВ. С 1978 года начаты работы с многократными системами наблюдений, вначале МОГТ-6, затем с 1985 г. МОГТ-12. В качестве источников возбуждения до 1980 года использовались взрывы из скважин глубиной 11–15 м, с 1980 г. – линии поверхностного источника (ЛПИ) на базе 50–100 м (7, 11, 22 элемента и линии детонирования шнура (ЛДШ) – 1–4; 6–14 ниток), а также невзрывные вибросейсмические источники импортного и отечественного производства. Регистрация колебаний осуществлялась, по

мере совершенствования аппаратуры, сейсмостанциями: «Поиск-1-48 МОВ-ОВ», ССЦ-2, «Прогресс-1», «Прогресс-2», «Прогресс-3». В зависимости от кратности наблюдений использовались фланговая (МОГТ-6) и центральная (МОГТ-12) системы наблюдений с расстоянием между каналами 25–50 м, группированием 20–22 СП на базе 50–100 м [Мельник, 1995].

В результате детальной сейсморазведки выявляется местоположение структур и их глубины, где возможно скопление нефти или газа. Для эффективности разведки сейсморазведка комплексировается с другими методами, такими как электроразведка, магниторазведка, гравиразведка.

Магниторазведка. Различают два вида магнитных съемок: маршрутные (профильные) и площадные. Первые применяют как при рекогносцировочных исследованиях для выявления общих закономерностей аномального магнитного поля пересекаемых геологических структур и уточнения их границ, так и по интерпретационным профилям при высокоточных съемках.

Магниторазведочные работы на участке проводились в площадном варианте в масштабе 1:500 000 по методике однократных наблюдений на рядовых точках с аппаратурой POS-1. На контрольных точках и точках с аномальными значениями магнитного поля количество замеров увеличивалось до 3–4, за отсчет принималось среднее значение наблюденного поля.

При выполнении магнитометрических работ на объектах, применяемая аппаратура была настроена на запись географических координат каждой измеряемой точки наблюдения через спутниковую систему GPS. Географические координаты точек измерения на профилях были переведены в прямоугольные координаты Гаусса-Крюгера для зоны 23.

Проверка работоспособности аппаратуры, идентичности или разности показаний магнитометров и уровня вариаций производились ежедневно на контрольном пункте (КП)

в начале и конце маршрутов путём синхронизации 3–5 измерений через 1 минуту с магнитовариационной станцией (МВС). Каждый участок отрабатывался от собственного КП, располагающегося рядом с пунктом МВС. Вариации магнитного поля регистрировались также магнитометром POS-1 с интервалом 30 секунд. Магнитометр POS-1 предназначен для использования в геологоразведочных работах, в обсерваториях и вулканологии, в мониторинге землетрясении.

Гравиразведка. По технологии работ, типу носителя аппаратуры и уровню наблюдения гравиразведку подразделяют на полевые (наземные), морские, воздушные, подземные и скважинные съемки. По характеру расположения точек наблюдения на исследуемой площади гравиметрическая съемка может быть профильной (маршрутной) и площадной.

Съемка выполнялась гравиметрами фирмы LaCoste&Romberg модели D с чувствительностью ± 0.01 мГл. Линейность и высокая стабильность сползания нуля-пункта прибора позволяют обеспечивать высокую точность измерения значений поля силы тяжести (с учетом линейного хода лунно-солнечных вариаций поля). Выполнялась площадная гравиразведка, для всех пунктов гравиметрических наблюдений определялись высотные отметки.

На участке площадной съемки опорная сеть создавалась от одной центральной опорной точки по магистралям через 500 м, с шагом 100 м. При точности единичного измерения гравиметров в ± 0.02 мГл для обеспечения точности создания опорной сети в ± 0.02 мГл проводилось 4 независимых наблюдений на каждом опорном пункте. Точность измерения значений поля силы тяжести оценивалось контрольными измерениями в независимых рейсах в объеме 10% от общего числа наблюдений.

От других методов разведочной геофизики гравиразведка отличается сравнительно большой производительностью полевых наблюдений и возможностью изучать горизонтальную (латеральную) неоднородность Земли. Гравиразведка применяется для

решения самых различных геологических задач с глубиной исследований от нескольких метров (например, при разведке окрестностей горных выработок) до 200 километров (например, при изучении мантии).

Электроразведка МТЗ представляет собой разновидность индукционного частотного зондирования. В отличие от других методов индукционного зондирования (частотное зондирование (ЧЗ) и зондирование методом становления поля (ЗС)), МТЗ не требует использования генераторных установок, и, в то же время, обеспечивает глубину исследований, не достижимую в методах с контролируемым источником [Хмелевской, 1984; Жданов, 1986]. При выполнении МТЗ регистрируют вариации двух горизонтальных составляющих теллурического поля E и двух или трех составляющих магнитного поля H с периодом от долей секунд до десятков минут. Глубина зондирования определяется периодом регистрируемого сигнала. При данном исследовании выполнялась профильная электроразведка МТЗ с масштабом 1:500 000.

2.2.2. Обработка данных

При обработке геофизических данных применялись следующие методы обработки: спектрально-статистическая обработка потенциальных полей, Гильберт-преобразования сейсмических разрезов, интегральный вейвлет анализ сейсмических трасс, метод построения цикличности разрезов скважин (скрытой периодичности осадконакопления) по данным ГИС.

Спектрально-статистическая обработка потенциальных полей.

Обрабатывались материалы гравитационных (ΔG) и магнитных (ΔT) полей М 1:200000 на изучаемую территорию. При обработке решались следующие задачи:

– адаптация алгоритмов программного комплекса «КОСКАД 3D» [Петров, 2004] к конкретным материалам потенциальных полей;

– выбор наиболее эффективных алгоритмов для прослеживания разломных зон.

Обобщение результатов, полученных при обработке большого количества различных трансформаций полей, позволило выделить ряд наиболее эффективных технологий, базирующихся на алгоритмах компьютерной технологии «КОСКАД 3D». Особый интерес представлял применение методов компонентного анализа и разложения полей, классификационных алгоритмов и методов анализа градиентных характеристик. На полученных результатах обработки более рельефно отображаются области нарушения стационарности исходных потенциальных полей, к которым, как правило, приурочены тектонические нарушения.

На представленном ниже рисунке показана результативная карта совместного компонентного анализа полей ΔG и ΔT (рис. 2.3). Программа «КОСКАД-3D» предназначена для проведения классического компонентного анализа многопризнаковой геоинформации посредством вычисления ковариационной матрицы, поиска собственных значений и собственных векторов и дальнейшей свертки многопризнаковой информации по собственным векторам [Петров, 2004]. На рисунке 2.3 отчетливо просматривается дихотомия площади исследования в Патомском секторе на две области, а разделяющая их линия рассматривается как плановое положение глубинного разлома, разделяющего в Патомском секторе юго-восточный склон НБА и прискладчатую область Верхоянской складчатой области. Окончательное положение разлома сопоставлялось с результатами работ по другим видам анализа (разложение полей, градиентный анализ и др.). Метод интегрального вейвлет преобразования в программе «КОСКАД-3D».

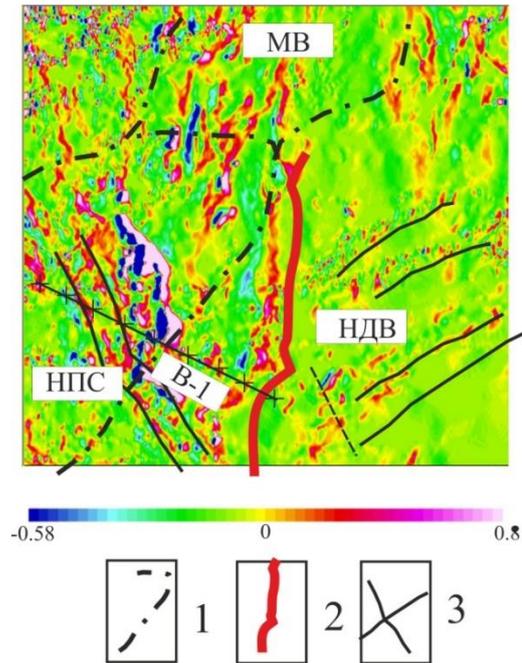


Рис. 2.3. Компонентный анализ потенциальных полей ΔG и ΔT – 4 компонента. 1 – контур НБА; 2 – предполагаемый глубинный разлом; 3 – линеаменты. НПС – Непско-Пеледуйский свод; МВ – Мирнинский выступ; НДВ – Ньюско-Джербинская впадина; В-1 – геотраверс «Батолит-1».

В диссертации осуществлена обработка суммотрас временных разрезов МОГТ методом спектральных вейвлет-спектров по восточному фрагменту профиля «Батолит-1» и маршрутов, расположенных вкост простирания НБА (М-08-02, М-08-03, М-08-05), а также других профилей МОГТ на территории НПС в компьютерной технологии «КОСКАД 3D» [Петров, 2004]. Программа «КОСКАД 3D» [Петров, 2004] предназначена для расчета интегрального вейвлет-преобразования для каждого профиля и использовалась в данной работе для преобразования каждой суммотрассы временных разрезов общей глубинной точки (ОГТ). Интегральное вейвлет преобразование является аналогом спектра Фурье, но дает более корректный результат при обработке нестационарных геополей. Число профилей и слоев в результирующей сети совпадает с числом профилей и слоев в исходной, а количество пикетов равно половине числа пикетов исходной сети плюс один. Это совпадает с числом гармоник в спектре Фурье [Петров, 2004]. Первому пикету в результирующей сети соответствует первая (нулевая) гармоника

спектра и т.д. Анализ значений энергетического спектра позволяет оценить амплитуду, частоту полезных сигналов и амплитуду высокочастотной помехи [Петров и др., 2010].

Важным элементом модели, подлежащим уточнению по сейсмическим данным, является положение в разрезе кровли консолидированного кристаллического фундамента. Ввиду неоднозначности ее выделения на разрезах МОГТ акцент при обработке был сделан на максимальное возможное разделение осадочного чехла и кристаллического фундамента, обеспечивающее идентификацию его кровли и выявление структурных элементов модели, в том числе идентификацию кровли кристаллического пластообразного тела. Одно из направлений обработки – вычисление по суммотрассам временного разреза и построение вдоль профиля развернутых интегральных вейвлет-спектров, отражающих распределение по глубине энергетических характеристик отраженных волн.

Развернутые интегральные вейвлет-спектры для исключения резкой изменчивости формы спектров и обеспечения непрерывной корреляции по профилю их особенностей, увязываемых с отражающими горизонтами осадочного чехла, вычислялись на базе 1000 трасс (25 км). Основной посылкой построений является предположение, что ширина такого спектра определяется мощностью осадочного чехла, где формируется энергия отраженных волн (рис. 2.4). В случае присутствия в разрезе осадочного чехла тонкого кристаллического пластообразного тела, вскрываемого скважинами в предположении кровли фундамента, линия вскрытия будет находиться в центре спектров, фиксируя тем самым энергию отраженных волн, находящихся под кристаллическим пластообразным телом.

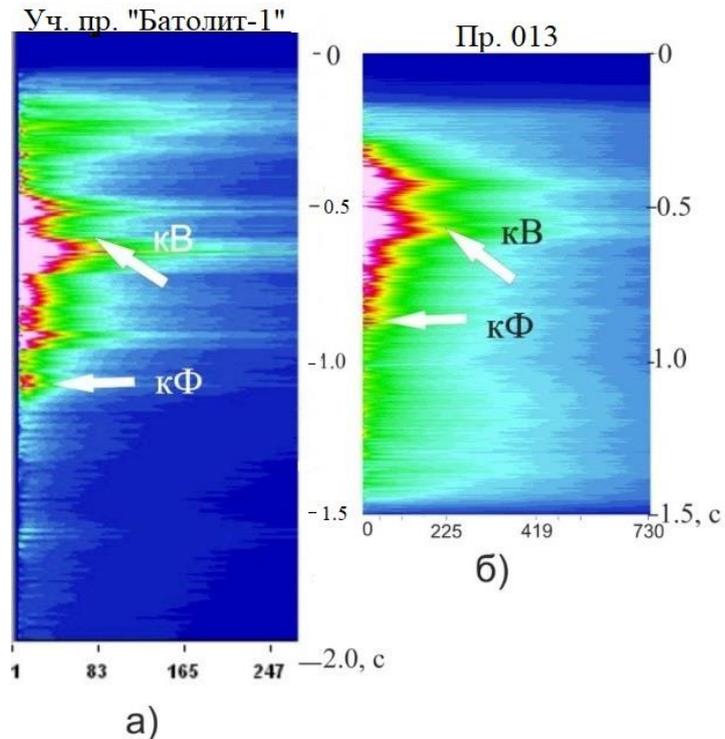


Рис. 2.4. Интегральные вейвлет- спектры с различными базами осреднения.
 а) 250 трасс; б) 750 трасс. кВ – кровля венда;
 кФ – кровля консолидированного фундамента.

Гильберт-преобразование сейсмических трасс. Разрезы мгновенных амплитуд, частот и фаз.

В настоящее время при динамическом анализе сейсмических записей широко используется преобразование Гильберта, позволяющее получать сейсмические разрезы некоторых оригинальных динамических параметров сейсмической записи. Особенности разрезов параметра «мгновенной амплитуды» могут быть связаны с литологическими изменениями на границах пластов, несогласными напластованиями и даже с залежами нефти и газа. Сбросы, угловые несогласия, зоны выклинивания чаще проявляются на разрезах мгновенных фаз в виде нарушения фазовой непрерывности. Разрезы мгновенных фаз несут также информацию об изменении полярности сейсмических сигналов на границах, что позволяет прогнозировать вещественный состав пород разреза. Аналогичную информацию несут и разрез мгновенной частоты. Если еще при этом разрезы этих параметров изобразить в цвете, то они становятся достаточно информативны

и важны при комплексном геолого-геофизическом истолковании результатов сейсмической разведки [Степанов, 2013].

Процедуры Гильберт-преобразований проведены для восточного фрагмента профиля «Батолит-1» с целью получения дополнительной геолого-геофизической информации при его интерпретации и включали расчеты мгновенных параметров волновых полей: амплитуд и фаз, которые входят в состав комплекса SPS-PC [Голярчук, 2004]. Для визуализации результатов была подобрана палитра для каждого из динамических параметров (рис. 2.5).

Метод построения цикличности разрезов скважин (скрытой периодичности осадконакопления) по данным ГИС с помощью программы RITM [Берзин, 2006].

Количественные подходы установления ритмики процессов осадконакопления, связанные с математическими методами анализа, находятся в постоянном развитии [Математические методы анализа..., 1984]. Особенность программы RITM [Берзин и др., 2011], которая строит спектрально-глубинные развертки (СГР) по данным каротажа скважин состоит в том, что цикличность процессов осадконакопления изучается путем непрерывного прослеживания по глубине метрического параметра R (радиуса корреляции), вычисляемого в нескольких окнах анализа каротажной кривой. Совокупность кривых по параметру R в возрастающих окнах анализа представляет собой его развертку (СГР) по определенной каротажной кривой и является циклоседиментограммой изучаемого геологического разреза скважины. Кривая акустического каротажа (АК) является базовой при построении СГР для терригенно-сульфатно карбонатного разреза Талаканской площади. Сопоставление СГР по данным АК с литологическим разрезом и результаты численного моделирования дают основание разработчикам программы утверждать, что ими отражаются изменения градиентности (крупнозернистости) или дизъюнктивности (числа слоев на единицу длины) в осадочном

чехле, а также направление процесса седиментации, обуславливающее формирование определенного фациально-литологического ряда отложений [Берзин и др., 2006].

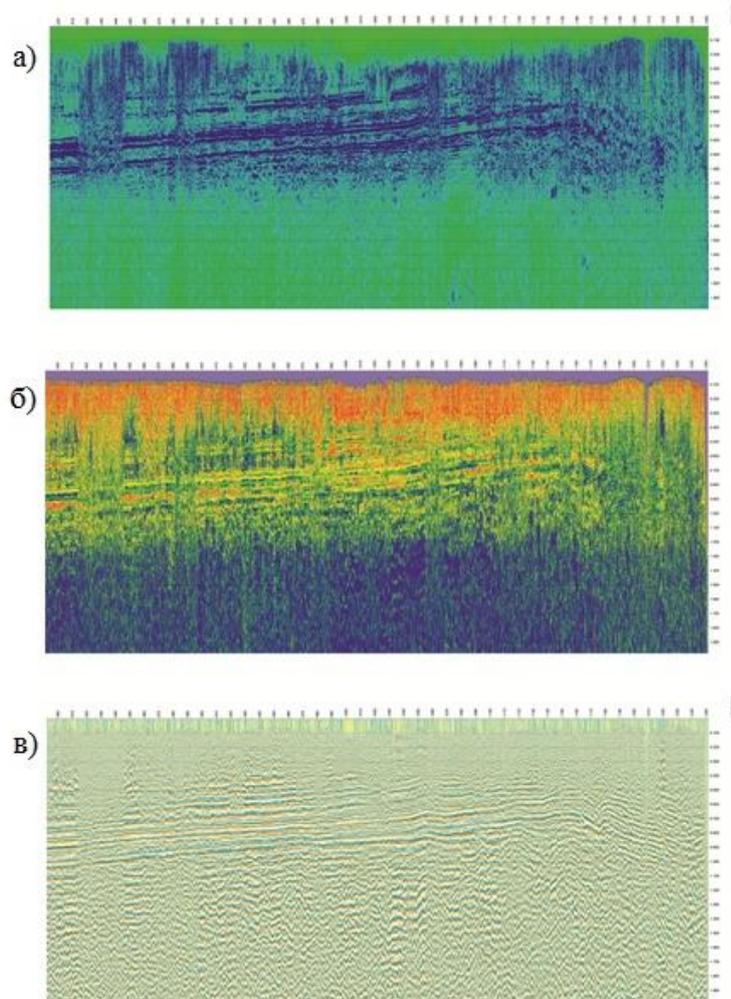


Рис. 2.5. Временной разрез Гильберт-преобразования по геотраверсу «Батолит-1»: а) разрез мгновенных частот; б) разрез мгновенных амплитуд; в) разрез мгновенных фаз.

Модель двухуровневого циклоседиментогенеза венд-кембрийских отложений по данным СГР, характерного для разрезов скважин Непско-Пеледуйского свода, показана на примере скв. № 844 на Нижне-Хамакинской площади (рис. 2.6).

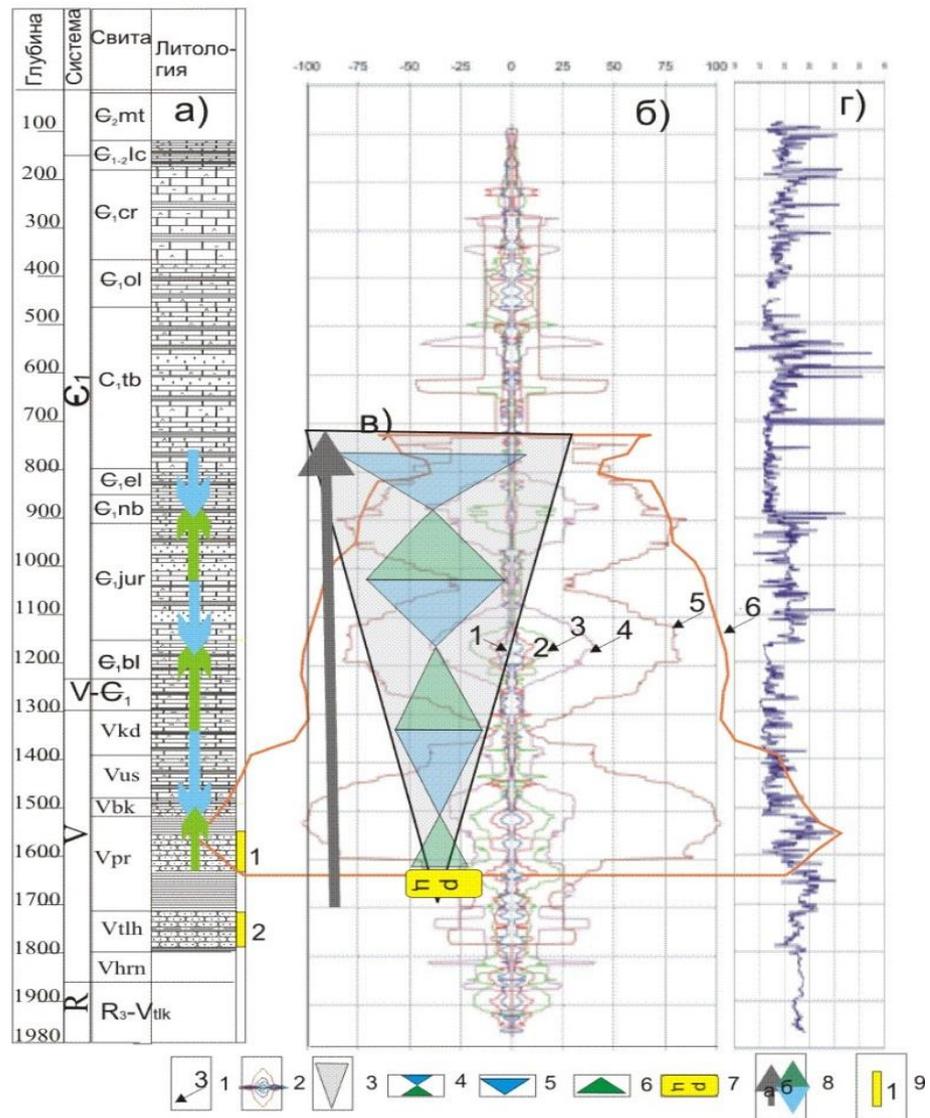


Рис. 2.6. Седиментационная цикличность венд-кембрия по данным спектрально-глубинных разверток АК в разрезе скважины №844 Нижне-Хамакинской площади (дискретизация 2.5м) [Берзин, 2006].

а) литолого-стратиграфическая колонка; б) спектрально-глубинная развертка кривой АК и модель циклоседиментогенеза венд-кембрийских отложений; в) кривая акустического каротажа. 1 – кривые разверток в 6 окнах анализа (последнее $L=320$ м определяет положение в разрезе мегацикла); 2 – синхронные разрастания 1 порядка на развертках, отождествляемые с репроциклитами (макроциклитами); 3 – мегапроциклит верхнего венда-нижнего кембрия; 4 – репроциклиты; 5 – проциклит (циклит); 6 – рециклит; 7 – размытая цикличность; 8 – породно-слоевые ассоциации; 9 – направление седиментации: а – в мегацикле, б – в репроциклитах; 10 – продуктивные горизонты в подиктехской толще : 1 – хамакинский, 2 – талахский.

Аналогичные, приведенным на рисунке, мегациклиты на весь чехол под другим названием (например полициклит), содержащие от 3 до 6 циклов выделяются отдельными исследователями для центральных районов Сибирской платформы по литологическим признакам с использованием методики системно-структурного анализа [Карагодин, 1980;

Мельников и др., 1978], что свидетельствует о достоверности полученных циклостратиграфических построений.

С помощью СГР по параметру R проведены исследования по установлению особенностей циклоседиментогенеза венд-кембрийских отложений, выделению и оценки качества ботубинского и хамакинского терригенных продуктивных горизонтов и нефтегазовых резервуаров на изученных глубоким бурением Чаяндинском, Талаканском и Верхневиллючанском месторождениях, результаты которых опубликованы [Берзин, 2011].

ГЛАВА 3. ОБОСНОВАНИЕ НОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ИЗУЧАЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ

3.1. Априорная модель глубинного строения Непско-Пеледуйского свода по результатам предыдущих исследований

В 90-х годах прошлого столетия для объяснения генезиса крупных месторождений нефти и газа, выявленных на территории Непско-Пеледуйского свода [Марсанова, 2017, А] в пределах НБА, Соколовым Б.А. была выдвинута гипотеза, согласно которой породы кристаллического фундамента, вскрываемые скважинами в пределах указанного свода, слагают аллохтонную пластину, надвинутую из Предпатомского прогиба в предвенское время в западном направлении на внешнюю часть [Марсанова, 2017, А] рифейского палеорифта. Генераторами УВ являются рифейские отложения под аллохтоном, из которых нефть и газ мигрируют вверх по трещинам, образуя нефтегазовые залежи в отложениях терригенного венда и карбонатах нижнего кембрия. При этом значительная часть углеводородного потенциала остается не выявленной (рис. 3.1). Такие нефтегазоносные бассейны названы Б. А. Соколовым криптогенными, а специфику образования залежей по месту первого вскрытия «подфундаментной» нефти в бассейне Уинд-Ривер (США) предложено рассматривать как «феномен скалистых гор».

Формированию Непского аллохтона способствовали два обстоятельства: дробление в позднем протерозое фундамента Сибирского континента системой рифтовых прогибов и закрытие Урало-Монгольского древнего океана, приведшее к возникновению в предвендское время Патомской складчатой области, надвинутой на Сибирскую платформу. Сдавливающие движения с юга на север заставили отдельные блоки фундамента частично или полностью перекрыть рифейские рифтовые осадочные бассейны. Таким образом, мы здесь имеем дело с взаимодействием фундамент-осадочный бассейн по принципу «феноменом скалистых гор».

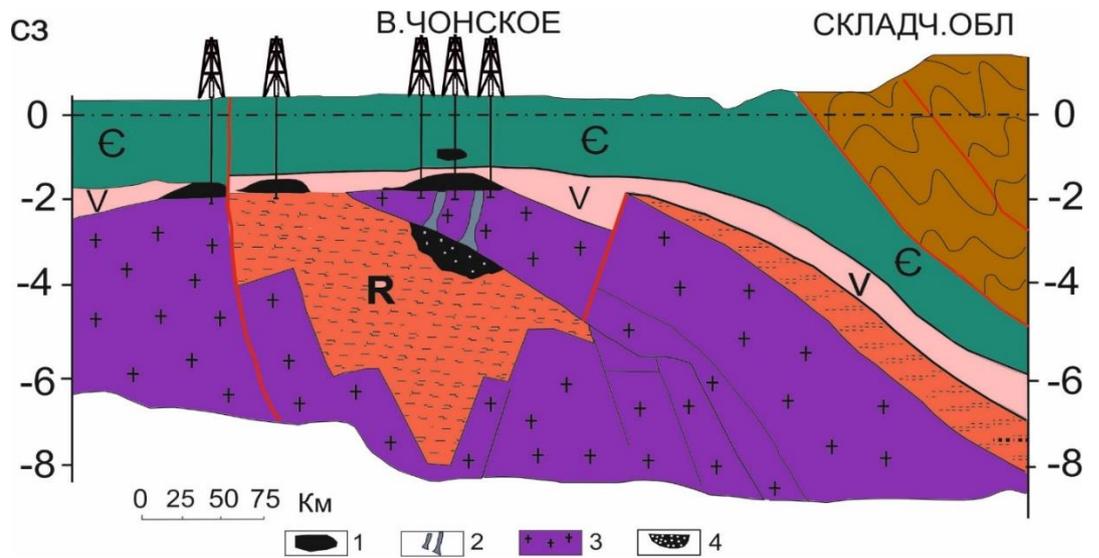


Рис. 3.1. Структурное положение и нефтегазоносность Непского свода:
 1 – залежи нефти и газа; 2 – питающий канал в аллохтонном фундаменте; 3 – фундамент; 4 – предполагаемая залежь нефти [Соколов, 2001].

Геологическими предпосылками выдвижения Б.А. Соколовым гипотезы явились следующие особенности строения и нефтегазоносности Непского свода. В пределах Непского свода крупные нефтегазовые скопления, Даниловское, Верхнечонское и другие – находятся в базальных песчаниках венда, непосредственно залегающих на эродированной поверхности кристаллического фундамента архейского возраста. Верхнечонская залежь находится на глубине 1250–1300 м, Даниловская – 1500 м. Все они содержат легкие метановые нефти с большим количеством газа, как растворенного, так и в виде газовых шапок.

Анализ положения указанных залежей делает невозможным предположение об их формировании за счет латеральной миграции УВ из обрамляющих Непский свод двух крупных прогибов: Предпатомского предгорного на юге и Иркинеевско-Катангского рифтового на севере. Объясняется это тем, что свод представляет собой практически плоскую поверхность. Кроме того, Верхнечонское, Даниловское и другие месторождения

разбиты сбросами, экранирующими залежи с разных сторон, что также свидетельствует о невозможности дальнего бокового движения флюидов.

Оставалось предположить возможность образования скоплений в результате вертикальной миграции за счет «подфундаментного» источника УВ. Об этом косвенно свидетельствует большая насыщенность жидкими и полужидкими УВ трещин фундамента и газожидкие включения в гидротермальных жилах, пронизывающих фундамент.

Отметим, что при выдвигении гипотезы Соколов Б.А. руководствовался здравым смыслом и самыми общими геологическими фактами, изложенными выше, не прибегая к конкретным геологическим или геофизическим доказательствам. Сама гипотеза и иллюстрирующая ее схема образования залежей в осадочном чехле НБА за счет вертикальных перетоков УВ из рифейских отложений палеорифта через аллохтонный блок фундамента являются принципиально схематичными и лишены конкретики (см. рис. 3.1).

Гипотезу, например, легко отвергнуть на том основании, что представленный на принципиальной схеме аллохтонный блок кристаллического фундамента, большой толщины и наклонного положения и не перекрывающий полностью терригенные отложения в палеорифте, легко бы диагностировался методами потенциальных полей и был бы обнаружен на сейсмических разрезах МОГТ. Однако это не означает, что гипотеза принципиально неверна. Гипотеза может оказаться вполне жизнеспособной при конкретном наполнении её генезисом кристаллической пластины. Так, например, в процессе эволюции аллохтонный блок мог превратиться в денудированную субгоризонтально залегающую кристаллическую пластину, небольшой толщины, которая в этом случае не будет диагностироваться перечисленными геофизическими методами.

Представляет значительный научный интерес и имеет практическое значение принципиальная проверка гипотезы на ее состоятельность на первом этапе исследований и конкретное замещение гипотезы моделью глубинного строения свода – на втором этапе.

Возможности успешного проведения таких исследований, спустя 20 лет после выдвижения гипотезы, существенно возросли в связи с получением на территории НБА большого объема новой геолого-геофизической информации. Однако до сих пор гипотеза не заверена глубоким бурением, и поэтому любые выявленные аргументы на предмет состоятельности гипотезы, с учетом полученных геологических данных, не будут являться абсолютно достоверными. Польза таких аргументов в том, что если их много и они принципиально подтверждают гипотезу, открывается возможность построения наиболее вероятной модели глубинного строения свода, не противоречащей имеющейся информации.

Для создания информационной основы проверки гипотезы на изучаемой территории НПС, в течение ряда лет на основе геоинформационной системы «ПАРК» (разработчик «Ланеко», г. Москва) создавалась и пополнялась База данных координатно-привязанной геолого-геофизической информации (данные разведочной геофизики, глубоких скважин, сейсмических построений), которые легли в основу построения различных моделей, карт и разрезов.

На изучаемой территории на предыдущем этапе детально рассматривались и анализировались карты гравитационного и магнитного полей, карты проводимости осадочного чехла по данным электроразведки МТЗ, структурные карты по кристаллическому фундаменту и отражающим сейсмическим горизонтам в осадочном чехле, комплексные данные глубоких скважин. Результаты сравнительного геофизического и статистического анализов карт геофизических полей, а также структурных карт и разрезов геологических реперов, построенных по комплексу данных бурения и геофизики, в том числе по кровле билирской свиты нижнего кембрия (далее КБ), кровле нижнебюкской свиты нижнего венда (КВ) и поверхности кристаллического фундамента (КФ) позволили [Берзин и др., 2006, 2007] установить на данной территории,

охватывающей НБА и сопредельные надпорядковые структуры, особенности, относящиеся к изучаемой проблеме (рис. 3.2).

Исследователями отмечается, что основные черты магнитного поля ΔT определяются структурно-вещественными неоднородностями кристаллического фундамента. Структурные формы осадочного чехла и рельефа фундамента в этом поле не выражены. В то же время имеет место цепочка интенсивных аномалий (до 7000 нТл) в центральной части Непско-Пеледуйского свода (рис. 3.2–I).

Обращается внимание на то, что в гравитационном поле, структурный фактор проявляется отчетливо. Находят конформное отражение Ыгыаттинская и Кемпендяйская впадины, Сунтарский свод, Березовская впадина, Наманинский выступ, Ньюско-Джербинская впадина (НДВ). Вместе с тем надпорядковая НБА и осложняющие ее структурные элементы, включая Непско-Пеледуйский свод (НПС) и Мирнинский выступ (МВ) фундамента, в этом поле выражены не поднятием, а гравитационной ступенью (рис.3.2–II).

Отмечается, что толщины между реперами осадочного чехла КВ и КБ в апикальной части наиболее приподнятого НПС минимальны и отражают конседиментационный рост свода в рифее – нижнем кембрии, а между КВ и кровлей фундамента характеризуются линейным трендом увеличения в направлении прогиба и такой рост не отражают (рис.3.2–IV). Это может означать, что амплитуда свода по фундаменту менее выражена, чем в осадочном чехле, а фундаментом не унаследованы все тектонические движения роста структуры в рифее и возможно, он не является консолидированным (рис.3.2–III).

На рисунке отмечается одна существенная особенность поля ΔG , которая учитывается далее при построении модели глубинного строения – его минимальные значения расположены не в прогибе, а под горными сооружениями БПСО (рис.3.2–II). Аргументируется, что в основании свода залегает перекрытый реликтовым

кристаллическим пластообразным телом палеорифта, выполненный мощными толщами [Берзин, Марсанова и др., 2014] верхнепротерозойских (возможно, рифейских) отложений.

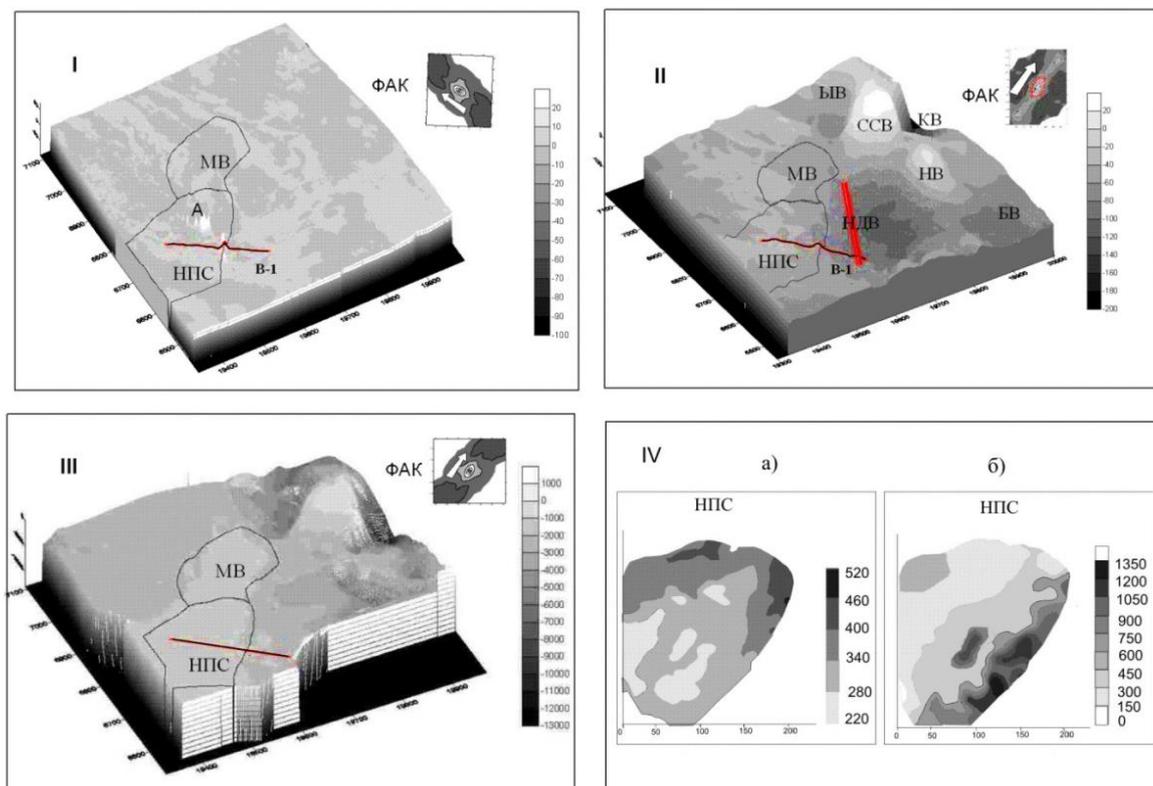


Рис. 3.2. Геолого-геофизические карты
(в правом углу карт функции автокорреляции) [Берзин, 2009].

I – поля ΔT ; II – поля ΔG ; III – отметок кровли фундамента; IV – толщин отложений: а) между билярской и бюкской свитами; б) между бюкской свитой и фундаментом; А – аномалии поля ΔT ; В-1 – участок профиля «Батолит-1». Красная линия – предполагаемое шовное (разломное и глубинное) сочленение НПС и БПСО, аргументированное далее. Надпорядковые структуры дополнительно к рис.1: Б – Бгыаттинская впадина; ССВ – Сунтарский выступ; КВ – Кемпендйская впадина; НВ – Наманинский выступ; БВ – Березовская впадина.

Определяющее значение для обоснования полученных априорных моделей и выводов имели результаты цифровой обработки сейсмического разреза МОГТ по восточному фрагменту геотраверса «Батолит-1», который на этапе предыдущих исследований захватывал восточную часть НПС и Предпатомский прогиб, но ограничивался на западе Верхне-Чонским месторождением и не охватывал зону

сопряжения НПС и Катангской седловины (см. рис. 1.1). Сейсмические признаки палеорифтовой системы и перекрывающей его кристаллического пластообразного тела обнаруживаются на временном разрезе ОГТ восточного фрагмента профиля «Батолит-1» и его трансформациях [Берзин и др., 2014] (рис. 3.3).

Установлено, что вскрываемая скважинами поверхность кристаллического фундамента на разрезе МОГТ прослеживается практически на одинаковых абсолютных отметках залегания в скважинах Талаканского и Верхне-Чонского месторождений (ПК 950–1130 км), что дает основание предположительно считать его кристаллическим пластообразным телом неустановленного генезиса (рис. 3.3–I). Ареал развития кристаллического пластообразного тела за пределы свода пока не установлен [Марсанова, Берзин, 2018]. Глубже отметок кровли вскрываемого фундамента наблюдаются фазы отражений. Некоторые из них динамически выражены, коррелируются и прослеживаются на запад в Курейскую синеклизу, где их стратиграфическая привязка к рифею подтверждена бурением (рис. 3.3–I). На некоторых участках профиля наряду с неглубокими субгоризонтальными отражениями глубже под фундаментом наблюдается волновая картина в большом диапазоне глубин, характерная для сложнопостроенных (возможно, рифейских) отложений большой мощности (рис.3.3–в).

Признаки рифтовой природы НПС [Берзин и др., 2013] находят в волновом поле Гильберт-преобразования разреза МОГТ с записью до 18 с (~50 км), где отражается строение земной коры и поведение границы Мохоровичича (рис 3.3–II). На этом разрезе территория НПС и, в частности, Талаканского месторождения, отмечается утонением земной коры и самым высоким положением границы Мохо (~42 км), а также специфическим рисунком выраженного латерально-неоднородного (блокового) строения коры, отличающимся от рисунка на смежных территориях Курейской синеклизы и Предпатомского прогиба. Вытекающая при этом связь природы НПС с эволюцией

древней рифтовой системы позволяет исследователям объяснить высокую нефтегазоносность венд-кембрийских отложений на его территории.

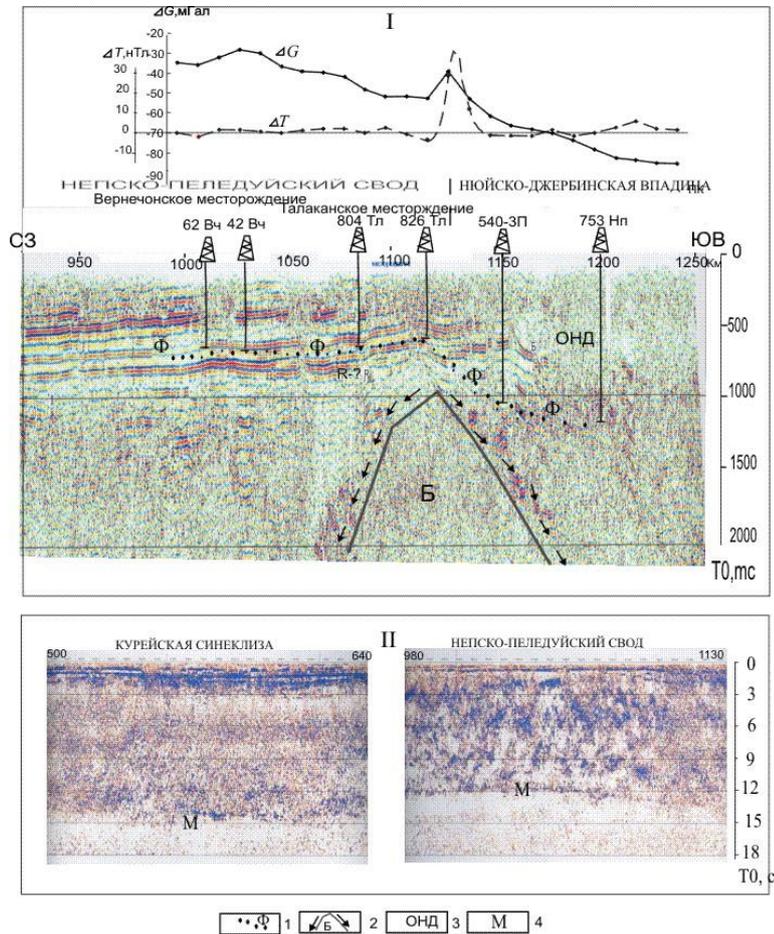


Рис. 3.3. Фрагмент профиля «Батолит-1» с дополнениями [Берзин и др., 2013]. I – временной разрез МОГТ в зоне сочленения Непско-Пеледуйского свода (НПС) и Нюйско-Джербинской впадины (НДВ) Предпатомского прогиба; ΔG и ΔT – графики потенциальных полей; II – сопоставление фрагментов разрезов сейсмической энергии (время регистрации 18 с): а) на территории НПС (в интервале 980–1130 км профиля), б) на смежной территории Курейской синеклизы (в интервале 500–640 км профиля); 1 – положение кровли кристаллического фундамента по данным скважин, 2 – субвертикальный гранулитобазитовый блок; 3 – область надвиговых дислокаций в осадочном чехле; 4 – граница Мохоровичича.

С учетом установленных параметров геологического разреза [Берзин, др., 2013] полагается, что вскрываемое скважинами на платформе кристаллическое пластообразное тело в основании НПС может быть остаточным (реликтовым) фрагментом аллохтонного гранито-гнейсового блока земной коры, надвинутого в предвендское время на палеорифт [Берзин, Марсанова, 2014]. Но существуют, вероятно, и другие варианты генезиса

кристаллического пластообразного тела, которые нами не рассматривались. Генезис пластины А.Г. Берзиным тесно увязывается с предполагаемой эволюцией палеорифта (рис. 3.4) [Берзин и др., 2013].

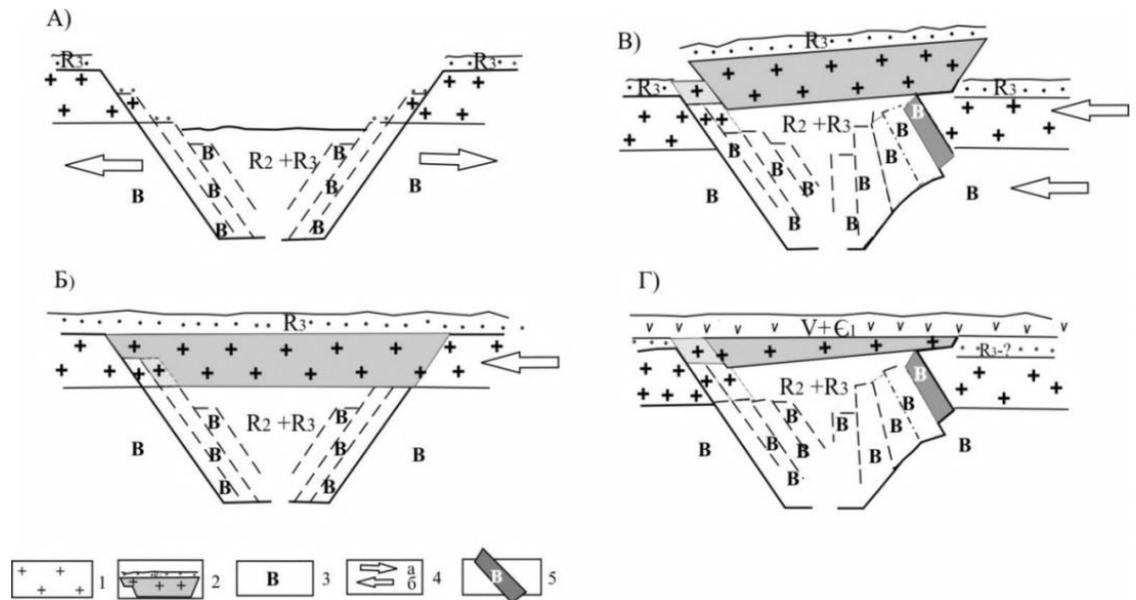


Рис. 3.4. Модель эволюции рифта и образования реликтовой кристаллической пластины [Берзин и др., 2013].

А) стадия растяжения земной коры, образования рифта и накопления рифейских отложений R_2 и R_3 ; Б) стадия тангенциального сжатия со стороны Байкало-Патомской складчатой области и перекрытия рифта гранито-гнейсовым блоком земной коры; В) деформация рифта и выдавливание надвинутого блока вверх [Ramsay, Huber, 1984]; Г) денудация выступающей части блока и пенеplenизация его поверхности. ΔG и ΔT – кривые гравитационного и магнитного полей. 1 – гранито-гнейсовый слой Земли; 2 – надвинутый блок; 3 – гранулит-базитовый слой Земли и блоки; 4 – тангенциальные напряжения: а – растяжения, б – сжатия; 5 – выступающий под пластину гранулит-базитовый блок субвертикального падения, создающий аномалию поля ΔT по профилю «Батолит-1», положение которого определяет восточный борт палеорифта. 4 – тангенциальные напряжения: а – растяжения, б – сжатия.

По аналогии с Иркинеево-Чадобецким авлакогеном В.Н. Ларкин и В.И. Вальчак считают, что рифтовый этап развития палеорифта в основании НПС завершился в конце раннего рифея и сопровождался накоплением мощной толщи вулканогенно-осадочных пород [Ларкин и др., 2007]. Последующие стадии развития палеорифта А.Г. Берзиным и соавторами представляются следующим образом. В среднем-позднем рифее над рифтовой зоной развивался палеорифт с накоплением мощной осадочной терригенно-карбонатной

толщи (рис. 3.4–А). В позднем рифее палеорифт подвергся боковому сжатию с юго-востока, со стороны Предбайкальской складчатой области и был перекрыт блоком гранито-гнейсового слоя земной коры (рис. 3.4–Б). Перекрытие гранито-гнейсовым блоком коры, а не блоком кристаллического фундамента – важный момент отличия, развиваемой модели от модели Б.А. Соколова [Соколов, 2001]. По мнению А.Г. Берзина, срыв фундамента мог быть только субгоризонтальным и на уровне переходного слоя между верхним гранитным ($\sigma=2750 \text{ кг/м}^3$) и нижним базитовым ($\sigma=3100 \text{ кг/м}^3$) слоями, где по модели Резанова [Резанов, 2002] на шесть порядков снижена реологическая вязкость с 10^{24} до 10^{18} Па·с. Наступившая в период инверсии, свойственной допалеозойским палеорифтам [Милановский, 1983] деформация рифта и его стенки со стороны действующих напряжений приводит к выдавливанию вверх аллохтонного блока; вместе с ним поднимается вверх и меняет свое падение один или несколько гранулитобазитовых блоков (рис.3.4–В).

На заключительной стадии происходит денудация выступающей части блока, денупленация его поверхности на уровне накопившихся к тому времени отложений верхнего рифея в прилегающих частях Курейской синеклизы и Предпатомского прогиба и образование реликтовой кристаллической пластины (рис.3.4–Г). В связи с эволюцией палеорифта приведенная модель образования реликтовой кристаллической пластины является дискуссионной, и может быть критичной: нет аналогов аллохтонов с такой амплитудой перемещений (порядка 250 км), отсутствуют следы складчатых деформаций в осадочных отложениях палеорифта. Ввиду отсутствия альтернативных идей образования кристаллического пластообразного тела задача выяснения его природы в диссертации не ставилась.

Важным этапом работ, подтверждающим отмеченную особенность срыва фундамента, палеорифт под реликтовой пластиной и его эволюцию, явилось проведенное

ранее геоплотностное моделирование наблюдаемого тренда гравитационного поля ΔG , его интенсивной локальной аномалии, синфазной с локальной аномалией ΔT (см. рис. 3.3–I). Отмечается, что такой аномалии в потенциальных полях со стороны северо-западного борта с ненарушенным гранитным слоем не наблюдается [Берзин и др., 2013].

На первом этапе при геоплотностном моделировании полагалось, что кривая поля ΔG характеризует зону сочленения НПС и НДВ как мощную гравитационную ступень с диапазоном изменения поля $(dG_{\max}-dG_{\min})=55$ мГл (рис. 3.5–а). В модель для резко погружающегося в прогибе кристаллического фундамента вводилась покрывающая НПС кристаллическая пластина, выходящая в виде «козырька» за его пределы [Берзин и др., 2011].

Введение пластины было обусловлено необходимостью согласования фактически умеренных глубин вскрытия фундамента скважинами с прогнозируемым резким его погружением. В такой модели интенсивные синфазные локальные гравитационная и магнитная аномалии обусловлены выступающим под пластину гранитно-гнейсового блока фундамента (рис. 3.5–б).

Полученные новые данные о незначительном погружении консолидированного фундамента в прогибе привели авторов к пересмотру геоплотностной модели. В новой модели региональный падающий тренд гравитационного поля и его интенсивную локальную аномалию создает крутопадающий гранулитобазитовый блок с повышенной плотностью по отношению к кристаллическому фундаменту ($\Delta\sigma=350$ кг/м³), выходящий под пластину [Берзин и др., 2013] (рис. 3.5–в).

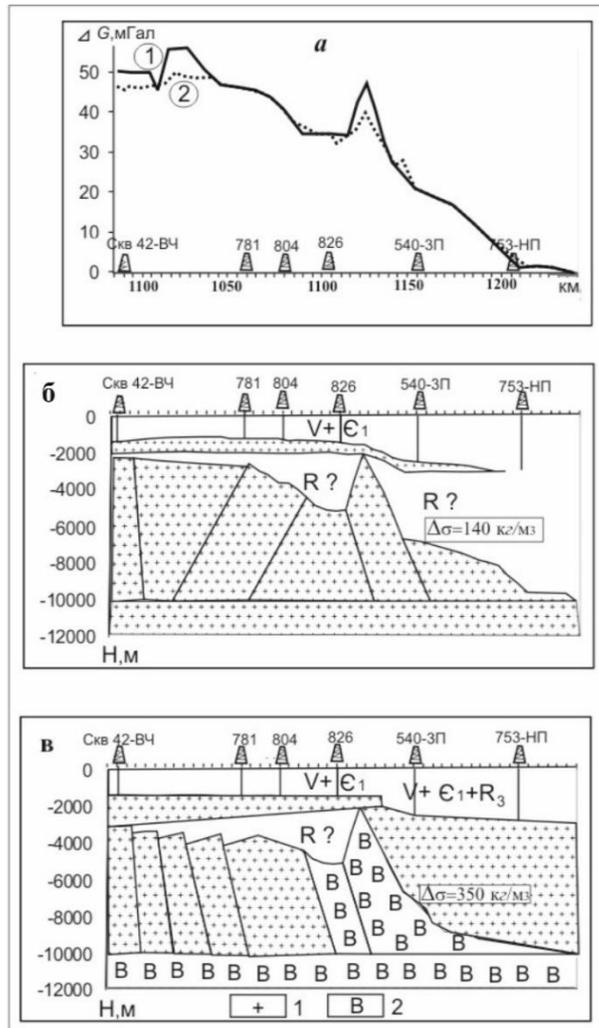


Рис. 3.5. Геоплотностные модели по участку профиля «Батолит-1» [Берзин и др., 2013].

I–б Модель фундамента с покрывающей кристаллической пластиной для резко погружающегося в прогибе кристаллического фундамента; II–б Модель фундамента с покрывающей кристаллической пластиной и субвертикальным базитовым блоком без существенного погружения кристаллического фундамента; I–а, II–а Кривые поля ΔG : 1 – наблюдаемая, 2 – подобранная при моделировании; (+) – архейский гранито-гнейсовый фундамент и блоки; В – гранулитово-базитовые блоки земной коры.

На присутствие под пластиной кристаллического тела высокой намагниченности и плотности указывают, по мнению авторов, также интенсивности магнитной и гравитационной аномалий. Метаморфические породы вскрываемого фундамента отличаются низкими значениями плотности и магнитной восприимчивости. По физическим параметрам они сходны с породами олекминской серии Алданского щита, имеющими среднюю плотность 2760 кг/м^3 и магнитную восприимчивость не более 500×10^{-5} СГС. При этом максимальная интенсивность магнитных аномалий, обусловленная магнитной восприимчивостью пород фундамента может составлять 300 нТл, а наблюдаемая аномалия более чем на порядок выше.

В плане цепочка интенсивных совпадающих аномалий ΔG и ΔT , связанных с выступающими под пластину блоками фундамента, прослеживается в центральной части НПС. При этом более интенсивные магнитные аномалии буквально «вспарывают» в ней слабое магнитное поле, достигая значений 7000 нТл (рис. 3.2–I). По характеру и интенсивности поля аналогов таких аномалий за пределами НПС нет.

3.2. Новые аргументы обоснования модели глубинного строения Непско-Пеледуйского свода

Геолого-геофизические исследования проводились на стратегически важной для РФ территории Непско-Пеледуйского свода НБА юга Сибирской платформы [Конторович и др., 2002]. Здесь разведаны 2/3 запасов газа и все без исключения запасы нефти НБА и открыты крупные Верхне-Чонское и Талаканское газонефтяные и уникальное Чаяндинское нефтегазовое месторождения, которые являются базовыми для нефтепровода ВСТО и строящегося газопровода «Сила Сибири», соответственно [Воробьев и др., 2007] (рис. 3.6).

Проблема дальнейшего наращивания запасов углеводородного сырья заключается в том, что осадочный чехол свода до ранее вскрытой поверхности кристаллических пород достаточно хорошо изучен и перспективы открытия в нем новых крупных месторождений оцениваются как незначительные. Поэтому, наряду с наращиванием запасов УВ в надфундаментном разрезе, целесообразно включать в поисковые направления изучение самого кристаллического фундамента и подфундаментных образований [Марсанова, Берзин, 2018]. Научной стороной таких исследований является разрешение дискуссионной природы месторождений НПС, залегающих вблизи кристаллического фундамента в осадочном чехле малой мощности, характеризующемся низким

содержанием органического углерода и отсутствием условий для дальней миграции УВ [Алексеев, Берзин, Ситников, 2002; Александров и др., 2014; Берзин, Марсанова, 2015].

Косвенные свидетельства более сложного глубинного строения свода, чем традиционные представления о нем, – приведены ранее. Они находят свое объяснение с позиции принципиально новой модели глубинного строения Непско-Пеледуйского свода [Марсанова, Берзин, 2018], с эволюцией палеорифта и наличием реликтовой аллохтонной пластины в осадочном разрезе указанного свода.

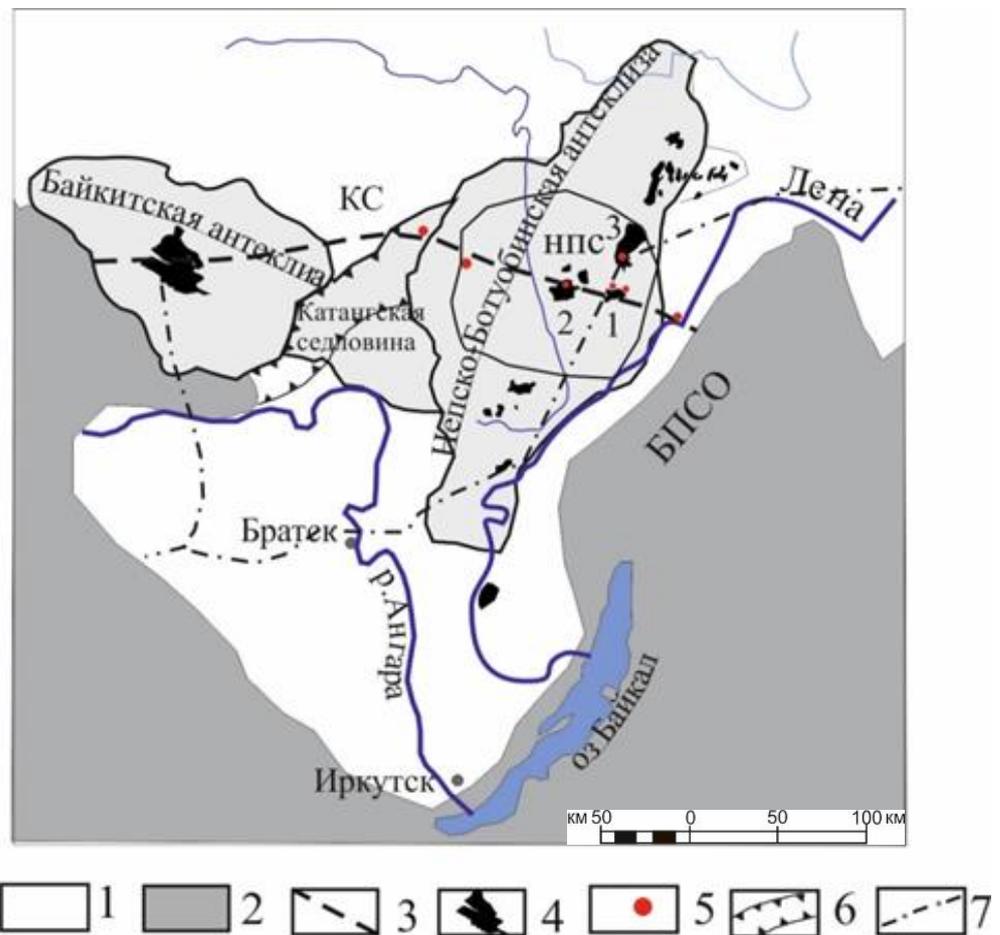


Рис. 3.6. Непско-Ботубобинская антеклизa и сопряженные надпорядковые структуры с обсуждаемой геологической нагрузкой [Шемин, 2007].

1 – Сибирская платформа; 2 – складчатое обрамление платформы; 3 – геотраверс «Батолит-1»; 4 – месторождения нефти и газа, в т.ч. упоминаемые в тексте: 1 – Талаканское, 2 – Верхне-Чонское, 3 – Чаяндинское; 5 – скважины, на которых построены развертки СГР; 6 – Иркинеево-Чадобецкий авлакоген; 7 – газопровод ВСТО; БПСО-Байкало-Патомская складчатая область; КС – Курейская синеклиза; НПС – Непско-Пеледуйский свод; БПСО – Байкало-Патомская складчатая область.

Цель исследований состоит в обосновании дополнительных предпосылок вовлечения в разведку «подфундаментных» отложений в основании НПС и поиск в них залежей УВ для ускоренного наращивания сырьевой базы и полноценного участия в реализации нефтегазовых мегапроектов на востоке Российской Федерации [Берзин, Марсанова, 2014]. В настоящей работе доказательство гипотезы Б.А. Соколова сводится к аргументации существования в основании свода геологической конструкции ее элементов: палеорифт – рифейские отложения – кристаллическое пластообразное тело, и не ставится задача выяснения генезиса последнего.

На присутствие палеорифта, предполагаемого как боковая Паршинско-Талаканская ветвь северо-западного направления от Вилуйского палеорифта, ранее указывал А.В. Мигурский [Мигурский, 2014]. По данным автора, палеорифт с рифейскими отложениями устанавливается по уникальной нефтегазоносности свода, ряду признаков в потенциальных полях грави-магниторазведки, электроразведки ЗСБЗ, а также прямых признаков на сейсмическом разрезе МОГТ по профилю «Батолит-1» с записью до 18 с. На территории свода наблюдается подъем границы Мохо, утонение земной коры и ее специфичный разломно-блоковый рисунок (рис. 3.7).

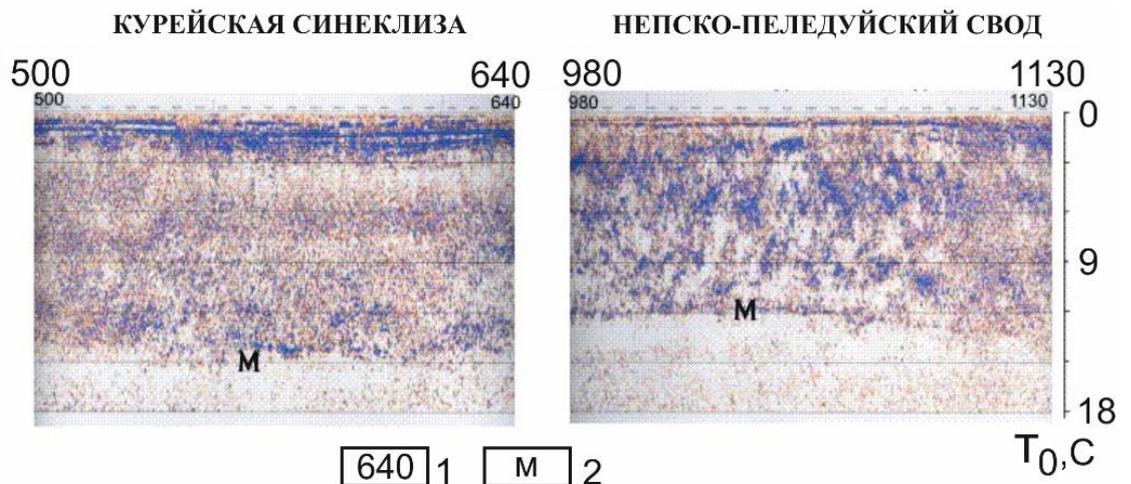


Рис. 3.7. Сопоставление фрагментов сейсмических разрезов МОГТ на территории НПС и смежной с ней Курейской синеклизы (запись до 18 с). 1 – ПК-профиля, км; 2 – граница Мохо.

Скв. 804-Тл на территории Талаканского месторождения НПС пройдена на 660 м глубже кровли кристаллических пород в соседних скважинах, а также скважина вскрыла терригенные отложения нижнего венда и верхнего рифея. Подвергается сомнению укоренившееся мнение, что скважина попала в одну из грабенообразных структур архейского фундамента, где сохранились рифейские отложения на том основании, что на структурных картах геологических реперов месторождения в «надфундаментном» чехле в районе скв. 804-Тл наблюдается минимум отметок с амплитудой 200–250 м [Матвеев и др., 1989], который кратно меньше вскрытой части «подфундаментного» разреза отложений верхнего протерозоя (660 м). Альтернативой сложившемуся мнению является точка зрения, что скважины на Талаканском месторождении вскрывают не консолидированный архейский фундамент, а кристаллическое пластообразное тело с «эрозионными окнами», в одно из которых попала Талаканская скв. №804.

Доказательство такой точки зрения сталкивается с определенными трудностями. Пластообразное тело не проявляется в геофизических полях и сейсмических разрезах. Ранее отмечалось, что по профилю «Батолит-1» проводилось геоплотностное моделирование. По его результатам установлено, что палеорифт перекрыт кристаллической пластиной с характеристиками, обуславливающими ее не проявление: субгоризонтальная, субпараллельная, небольшой мощности, под которую на границе НПС с Предпатомским прогибом выходит гранулитобазитовый блок, отмечаемый синфазными амплитудными аномалиями полей ΔG и ΔT . Положение блока определяет восточный борт палеорифта (рис. 3.5).

Полученные ранее результаты являются косвенными доказательствами справедливости гипотезы, которые до постановки целевого бурения не могут считать достаточными, а построенная принципиальная модель генезиса пластообразного тела схематична для решения круга более детальных задач, связанных с гипотезой. Более

предметная модель глубинного строения НПС предполагает достоверное подтверждение существования палеорифта и его кристаллического пластообразного тела, вскрываемого скважинами на своде, оценку его толщины, возраста, характера залегания и промысловых характеристик отложений, прогнозируемых под пластообразным телом.

Изучалось геологическое строение территории НПС на восточном фрагменте геотраверса «Батолит-1». В отличие от предыдущих исследований этот фрагмент был расширен от Верхне-Чонского месторождения на запад и включал в себя зону сочленения Непско-Пеледуйского свода и Катангской седловины (см. рис. 3.7). Привлекались сейсмические разрезы МОГТ, профильные грави-магнитные наблюдения ΔG , ΔT , данные глубоких скважин на профиле: стратиграфические разбивки, корреляционные схемы, модельные построения, материалы ГИС скважин [Марсанова и др., 2018].

Решения поставленных задач во многом зависят от геологической расшифровки феномена, наблюдаемого на сейсмическом разрезе Гильберт-преобразования восточного фрагмента геотраверса «Батолит-1». Ниже отметок вскрытия скважинами кровли кристаллического фундамента на территории НПС по этому фрагменту наблюдаются выраженные «подфундаментные» отражения. Кроме этого, обращают на себя внимание и другие особенности, не отвечающие традиционным представлениям о Непско-Пеледуйском своде (НПС) как о приподнятой части более крупной платформенной структуры (антеклизы) конседиментационного развития с консолидированным фундаментом (рис. 3.8):

1. Скважины, расположенные на месторождениях Непско-Пеледуйского свода, вскрывают кристаллический фундамент на близких временах залегания. Линия вскрытия располагается практически горизонтально и дискордантно по отношению к моноклинальному подъему отражающих горизонтов на восток от скв. 2-СН к скв. 826-Тл [Марсанова, 2017].

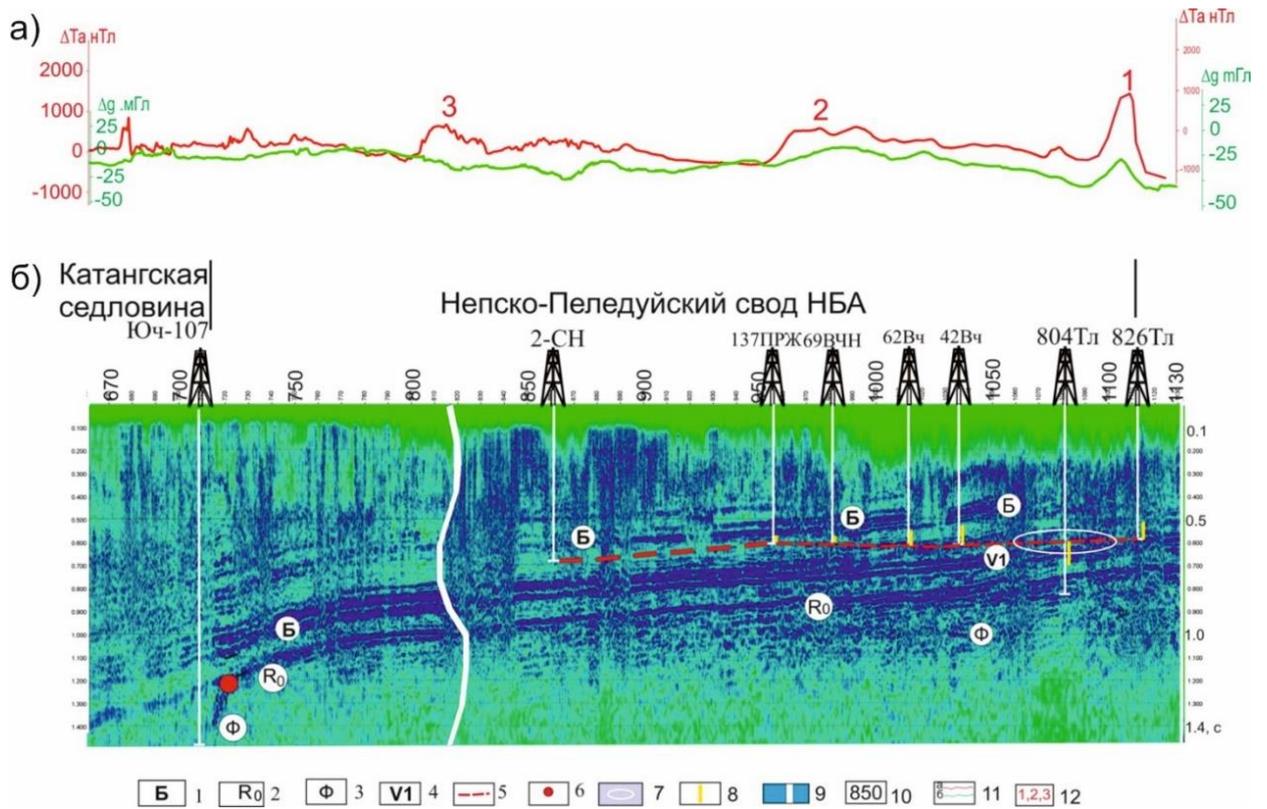


Рис. 3.8. Разрез мгновенных амплитуд (Гильберт-преобразование) по профилю «Батолит-1» [Марсанова, 2017].

а) Профильное наблюдение потенциальных полей: магнитного поля ΔT (красная), гравитационного поля ΔG (зеленая). б) Разрез мгновенных амплитуд (Гильберт-преобразование) по профилю «Батолит-1». Сейсмические горизонты: 1 – граница между «подосинскими» солями усольской свиты и карбонатной тэтэрской свиты; 2 – подошва венд-палеозойского комплекса (поверхность регионального размыва рифейских пород); 3 – поверхность фундамента (AR-PR1); 4 – границы нижнего венда; 5 – линия Т0к.ф. вскрытия скважинами поверхности кристаллических пород; б – точка на разрезе, к западу от которой глубже поверхности 2 прослеживается и кровля кристаллического фундамента; 7 – предполагаемое «эрозионное окно» в кристаллическом пластообразном теле; 8 – толщины терригенного венда в скважинах; 9 – предполагаемое положение западного борта инверсионного палеорифта и смены типа разреза; 10 – пикеты по профилю, км; 11 – профильное наблюдения потенциальных полей: а – магнитного поля ΔT , б – гравитационного поля ΔG ; 12 – максимумы поля ΔT , увязываемые с приподнятыми гранулитобазитовыми блоками палеорифтовой системы: 1 – соответствует восточному борту палеорифта (см.рис.2), 2 – промежуточный блок, 3 – соответствует предполагаемому западному борту палеорифта.

2. Под линией вскрытия Т0к.ф. [Марсанова, 2017] на разрезе Гильберт-преобразования присутствуют два выраженных отражающих горизонта, которые на глубинном сейсмогеологическом разрезе западного фрагмента геотраверса «Батолит-1» на территории Катангской седловины стратифицированы как горизонты «Б» (подосинские

соли усольской свиты) и «R0» (подошва венд-палеозойского комплекса) [Марсанова, 2017]. В то же время горизонт «Б» со стратиграфическими аналогами подосинских солей (подошва билирской свиты нижнего кембрия) скважинами Талаканского и Верхне-Чонского месторождений вскрыт значительно выше, а с горизонтом «Б» на территории Катангской седловины коррелируются отражения нижнего венда, которые были вскрыты скв. №804 на Талаканской площади.

3. В предполагаемой зоне сочленения западного борта Непско-Ботуобинской антеклизы (ПК 810 км) и восточного борта Катангской седловины (ПК 710 км) имеет место существенное погружение поверхности кристаллических пород с глубин 1500 м до глубины 3500 м, которое, если вскрываемая скважинами поверхность на территории НПС является поверхностью консолидированного фундамента, должно отражаться в гравитационном поле гравитационной ступенью. Вместе с тем, наблюдаемая кривая поля ΔG ведет себя в этой зоне спокойно (рис. 3.8).

Для объяснения отмеченных особенностей в рамках модели глубинного геологического строения НПС, вытекающей из гипотезы Б.А. Соколова, актуальны геологические аргументы, подтверждающие гипотезу, и снимающие вопросы о реальности существования кристаллического пластообразного тела (а значит и палеорифта под ним), и его параметрах. Один из таких аргументов построен на выявлении поверхности регионального размыва между отложениями рифея и венда [Marsanova, Berzin, 2019] и установления ее положения в разрезе для случая консолидированного фундамента и кристаллического пластообразного тела. Такую возможность построения предоставляет скв. №804-Тл, которая, как отмечалось ранее, вскрыла геологический разрез ниже кровли кристаллических пород, зафиксированных на соседних скважинах, прошла по разрезу порядка 660 м и остановлена предположительно в породах рифея (возможно R2).

Принято считать, что скважина попала в одну из грабенообразных структур фундамента, где сохранились рифейские образования, поскольку Непско-Ботуобинская антеклиза в рифейское время представляла собой крупнейшую область денудации [Ануприенко и др., 1989]. Альтернативная точка зрения состоит в том, что скважина попала в «эрозионное окно» кристаллического пластообразного тела [Marsanova, Verzin, 2019].

По программе «RITM» построена спектрально-глубинная развертка (СГР) данных акустического каротажа скв. №804 по параметру «R». СГР позволила уточнить особенности венд-нижнекембрийского мегацикла [Карагодин, 1980; Романовский, 1988; Мельников, Шемин, 1978; Мельников, Шемин и др., 1981] и установить положение региональной границы размыва между вендом и рифеем на отметке -1560 м по признаку начала мегацикла (замыкания окон анализа), наличия интервалов размытой цикличности в основании мегацикла и глубже его залегания (рис. 3.9).

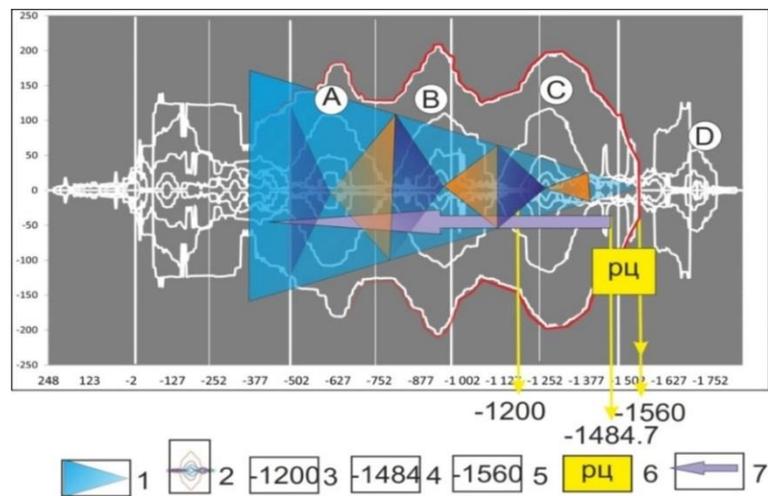


Рис. 3.9. Спектрально-глубинная развертка по акустическому каротажу скв. №804 на Талаканской площади с элементами интерпретации (а); фрагмент геологического разреза скважины в интервале венд-рифей (б) [Marsanova, Verzin, 2019].
 1 — мегацикл венд-нижний кембрий. 2 — синхронные разрастания кривых СГР (репроциклиты), увязываемые с потенциальными нефтегазовыми резервуарами: А — толбачанский, В — осинский, С — ботуобинский, D — рифейский. 3-5 — абсолютные отметки реперов (указаны желтыми стрелками): 3 — среднего значения кровли кристаллических пород по смежным со скв. №804 скважинам; 4 — границы венд-кембрий по данным бурения 5 — замыкания мегацикла. 6 — размытая цикличность. 7 — направление седиментации.

По мнению [Иванников, Кузнецов, 2011], установление поверхности регионального размыва в скв. №804 как реперной границы между рифеем и вендом является важной задачей, так как определение возраста некоторых свит низов венда во внутренних районах Сибирской платформы вопрос далеко неоднозначный. Установленное положение региональной границы размыва в разрезе скв. 804 вынесено на участке профиля «Батолит-1» для сопоставления с положением кровли кристаллического фундамента (кристаллического пластообразного тела) на соседних скважинах Талаканского и Верхне-Чонского месторождений (рис. 3.10). Для геометрии положения этой границы сравнивались модели осадконакопления на участке расположения скв. №804 для случаев: грабен в консолидированном фундаменте и «эрозионное окно» в кристаллическом пластообразном теле. В случае грабена в кристаллическом фундаменте стадии осадконакопления и появление в разрезе региональной границы размыва рифей-венд выглядят следующим образом [Marsanova, Berzin, 2019] (рис. 3.11):

- осадконакопление толщи пород рифейского возраста;
- позднерифейский и ранневендский размыв отложений и образование поверхности раздела рифей-венд на уровне плеч грабена, поскольку в надфундаментном разрезе НПС рифейские образования отсутствуют, а внутри грабена размыв не возможен.

В случае «эрозионного окна» в кристаллическом пластообразном теле:

- образование пластообразного тела в ранневендское время (генезис неизвестен) на эрозионной поверхности рифейских отложений с аналогичными породами рифейского возраста;
- размыв пластообразного тела и образование в нем «эрозионного окна», а последующий процесс осадконакопления ниже-вендских отложений образует границу

раздела венд-рифей на размытой поверхности рифейских образований внутри «эрозионного окна».

Сопоставление моделей однозначно свидетельствует, что положение региональной границы размыва между вендом и рифеем в случае грабена в кристаллическом фундаменте может иметь место только на уровне «плеч» грабена или выше него, а ниже кровли кристаллических пород может быть только в случае «эрозионного окна» в кристаллическом пластообразном теле. Это означает реальность его существования на территории Непско-Пеледуйского свода, а также реальность «подфундаментных» отложений нижнего венда и рифея и отражений от них на временном разрезе Гильберт-преобразования по профилю «Батолит-1». Отметим, что при наложении СГР скв. №804 во временном масштабе на сейсмический разрез разрастания С и D ложатся соответственно на фазы отражений от границ нижнего венда и рифея (см. рис.3.8, 3.9) [Марсанова, 2017, 2018].

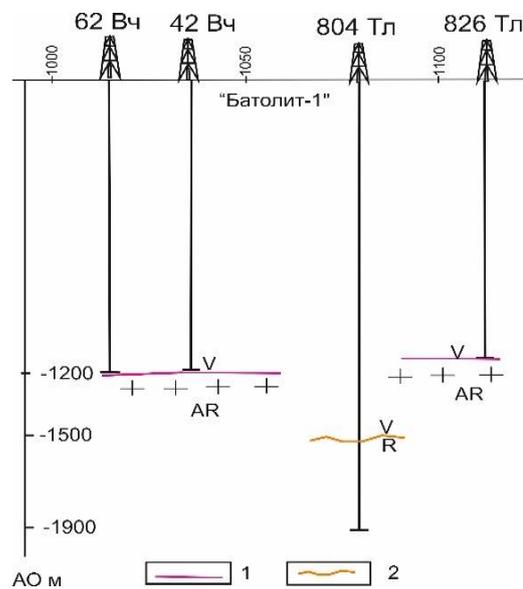


Рис. 3.10. Схема положений абсолютных отметок границы размыва в скв. №804 и кровли кристаллического фундамента в соседних скважинах Талаканского и Верхне-Чонского месторождений на участке профиля «Батолит-1» [Marsanova, Berzin, 2019].
1 – граница кровли кристаллических пород (фундамента или кристаллического пластообразного тела) и отложений венда в разрезе скважин; 2 – региональная граница размыва рифей-венд.

Полученные результаты позволяют предположить, что наблюдаемый на структурных картах Талаканского месторождения в районе скв. 804 минимум отметок геологических реперов в «надфундаментном» разрезе амплитудой 200–250 м обусловлен компрессионным уплотнением «подфундаментной» части разреза, а его значительная амплитуда свидетельствует, что вскрыта только верхняя часть отложений рифейского возраста.

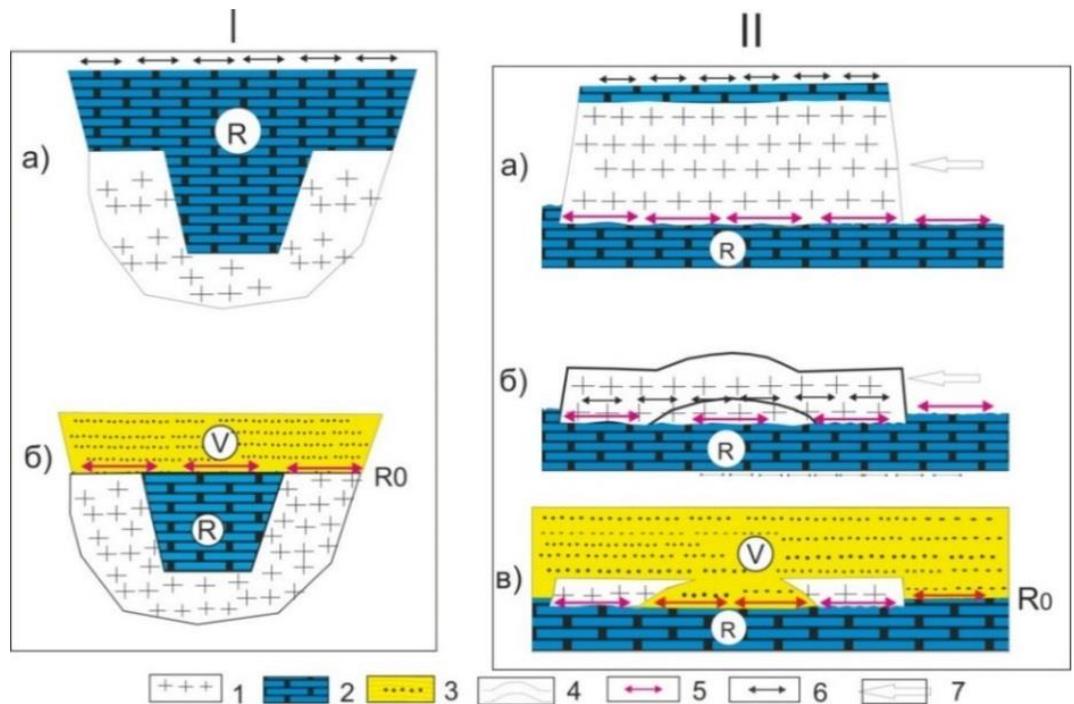


Рис. 3.11. Модели осадконакопления [Марсанова, Берзин, 2018].

I – в случае грабена в консолидированном кристаллическом фундаменте: а – заполнение грабена и надфундаментного пространства рифейскими образованиями; б – размыв рифейских отложений до уровня плеч грабена и накопление отложений венда; II – в случае эрозионного окна в кристаллическом пластообразном теле: а – аллохтонный гранитно-гнейсовый блок земной коры на размывтой автохтонной поверхности рифейских отложений; б – размыв блока до состояния кристаллического пластообразного тела, испытывающей деформацию в форме поперечного изгиба; в – вскрытие «эрозионного окна» при последующем размыве и формировании вендских отложений на размывтой поверхности рифейских пород. 1 – кристаллическое основание (архейский фундамент или кристаллическое пластообразное тело); 2 – породы рифея; 3 – породы венда; 4 – поперечная деформация кристаллического пластообразного тела; 5 – региональная граница раздела рифея и венда на размывтой поверхности рифейских образований внутри «эрозионного окна»; 6 – уровни размыва; 7 – направление сжатия.

Таким образом, подтверждаются модельные представления, что палеорифт перекрыт субгоризонтальным кристаллическим пластообразным телом небольшой

мощности (см. рис. 3.5) и дополнительно устанавливается существование в нем «эрозионных окон». Природа образования пластообразного тела окончательно не установлена. Приведенная выше точка зрения о реликтовой кристаллической пластине, образовавшейся в результате денудации аллохтонного блока гранитно-гнейсового слоя земной коры в процессе эволюции палеорифта, является дискуссионной [Берзин, 2007]. Модель, отражающая эту точку зрения, (см.рис.3.4) критична на следующих основаниях: не известны аналоги аллохтонов с такой амплитудой перемещений (порядка 250 км), отсутствуют следы складчатых деформаций от перемещения аллохтона в осадочных отложениях палеорифта. На этих основаниях дискуссионной является и модель осадконакопления (рис.3.11), но при любом генезисе кристаллического пластообразного тела остается неизменной модель осадконакопления для случая попадания скв. 804 в грабен кристаллического фундамента (рис.3.11). Выводы в защищаемом положении остаются в силе.

В качестве альтернативы аллохтонной природе представляется возможной следующая версия образования кристаллического пластообразного тела. Платформенный или эоплатформенный, контролируемый рифтовыми зонами, эффузивный магматизм основного состава (долериты, диабазы и др), на поверхность которого ложатся терригенные образования раннего венда (алевролиты, песчаники), нижняя часть которых вблизи экзоконтакта, если допустить пересечение во времени процессов магматизма и осадконакопления, под влиянием температуры расплава и компрессионного уплотнения отложений преобразуется в бухиты или им подобные метаморфические породы. Таким образом, кристаллическое пластообразное тело становится двухслойным: верхний – бухиты, которые маскируют кристаллическое пластообразное тело под фундамент, а ниже – магматические породы основного состава. К настоящему времени из-за отсутствия отбора проб керн пластообразного тела на глубинах более 50 м не представляется

возможным доказать эту версию. По отмеченным причинам модель природы образования кристаллического пластообразного тела в диссертации не защищается.

Возвращаясь к рис. 3.9 прокомментирую некоторые результаты интерпретации СГР скв. №804. В разрезе венда и кембрия на Талаканской площади выделяется один крупнейший венд-нижнекембрийский мегациклит, охватывающий весь осадочный чехол, и в нем 3 макроциклита 1 порядка (репроциклита): толбачанский, осинский и ботуобинский. Аналогичные мегациклиты на весь чехол под другим названием (например полициклит), содержащие от 3 до 6 циклов выделяются отдельными исследователями для центральных районов Сибирской платформы по литологическим признакам с использованием методики системно-структурного анализа [Мельников и др., 1978], что свидетельствует о достоверности полученных циклостратиграфических построений.

Замыкание всех окон анализа на отметке –1560 м свидетельствует о начале венд-нижнекембрийского мегацикла. Эта же отметка, на наш взгляд, соответствует положению региональной границы размыва между рифеем и вендом. Ниже этой границы начинается рифейский мегацикл.

Синхронные разрастания на одних и тех же глубинах в различных окнах анализа [Берзин и др., 2006], выделяемые на СГР скв. 804, приурочены к границам репроциклитов 1 порядка (макроциклитам), где происходит переход от регрессивного к трансгрессивному режиму осадконакопления. Они увязываются с потенциальными нефтегазовыми резервуарами: А – толбачанский, В – осинский, С – ботуобинский, D – рифейский, которые выделяются на юге Сибирской платформы и другими исследователями [Непско-Ботуобинская антеклиза..., 1986; Шемин, 2007]. Увязка производится по данным числового моделирования, где границам макроциклитов в разрезе соответствуют литологические границы, разделяющие породы с резким различием скорости продольных волн (акустического параметра Δt) [Берзин и др., 2006]. На месторождениях НПС в

Якутии это контакты непроницаемых пород проциклита (глины, эвапориты вверху) с проницаемыми породами рециклита (песчаный или карбонатный коллектор внизу). Устанавливаемая реальность существования кристаллического пластообразного тела и «позднерифейских» отложений на территории НПС позволяет снять вопросы относительно отмеченных выше особенностей на временном разрезе Гильберт-преобразования (см. рис. 3.8). Скважины 37 ПРЖ, 69 ВЧ, 42 ВЧ и 826 Тл, расположенные на месторождениях Непско-Пеледуйского свода, вскрывают кристаллические породы на близких временах залегания (с учетом погрешности определения средней скорости) [Марсанова, 2017] вследствие того, что они слагают не консолидированный фундамент, а субгоризонтальное кристаллическое пластообразное тело (см. рис. 3.8).

Последовательное уменьшение толщин терригенного венда с востока на запад в скважинах на Талаканской, Верхне-Чонской площадях и практическое исчезновение скв. №2 Санарской площади не означает их срезание на кристаллическом фундаменте. Дополнительное развитие отложений нижнего венда и рифея в средних или даже максимальных толщинах предполагается под кристаллическим пластообразным телом. Промысловая перспективность этих отложений подтверждается выделением на СГР скв. 804 потенциально продуктивных резервуаров С и D, расположенных ниже уровня кристаллических пород (см. рис. 3.8).

Спокойное поведение наблюденной кривой ΔG в интервале перепада глубин кровли кристаллических пород (пикеты 680–710 км) свидетельствует о том, что скважины на территории НПС вскрывают не консолидированный фундамент, а субпараллельное кристаллическое пластообразное тело относительно небольшой толщины, а поверхность гранулитобазитовых блоков палеорифтовой системы на территории НПС залегает на более значительных глубинах (см. рис. 3.8).

Более информативной является наблюденная кривая магнитного поля ΔT , на которой выделяется 3 максимума, увязываемые мной с подъемом гранулито-базитовых блоков, из которых 1 максимум соответствует восточному борту палеорифтовой системы (см. рис. 2.9, рис. 2.11), 2 – промежуточному блоку, а 3, предположительно, соответствует западному борту (см. рис. 3.8).

Некоррелируемость горизонта В (подосинские соли усольской свиты) на территории Катангской седловины со стратиграфическими аналогами подосинских солей (подошва билирской свиты нижнего кембрия) Талаканского и Верхне-Чонского месторождений, на мой взгляд, обусловлена различием типов геологических разрезов в зоне сопряжения западного борта НПС и Катангской седловины к западу от скв. 2-СН на Санарской площади. В этой зоне предполагается наличие западного борта инверсионного палеорифта, окончания покрывающего его кристаллического пластообразного тела и, соответственно смена геологического типа осадочного разреза к западу от него (см. рис. 3.8).

Основанием для такого предположения является временной разрез интегральных вейвлет-спектров, построенный по рассматриваемому восточному фрагменту геотраверса «Батолит-1», на котором отражается распределение энергетических характеристик отраженных волн по глубине и по профилю [Марсанова, 2017; Марсанова, 2018] (рис. 3.12). По сравнению с разрезом Гильберт-преобразования (см. рис. 3.8) разрез вейвлет-спектров продолжен на восток до границы с Байкало-Патомской складчатостью (окончание геотраверса) и пересекает Предпатомский прогиб (структуры IV и V).

На разрезе вейвлет-спектров установлено, что условная линия вскрытия скважинами кровли кристаллических пород на территории НПС (структура III) располагается посередине спектров, фиксируя тем самым энергию «подфундаментных» отражений от осадочных образований и небольшую толщину покрывающих их

кристаллических пород. Напротив, в скважинах, расположенных в Предпатомском прогибе линия вскрытия смещается к окончанию спектров, фиксируя консолидированный кристаллический фундамент. Этот признак, по совокупности с другими, позволил ранее [Берзин и др., 2013] установить положение восточного борта палеорифтовой системы и окончание покрывающего ее кристаллического пластообразного тела восточнее скв. № 826 (ПК 1120) (рис. 3.3, рис. 3.5, рис. 3.12). Проявление этого признака логично ожидать и на западе фрагмента разреза в зоне сочленения НПС и Катангской седловины, где отметка вскрытия поверхности кристаллических пород в скв. СН-2 на Санарской площади располагается на вейвлет-разрезе посредине спектра, а в скв. ЮЧ-107 в Катангской седловине аналогичная отметка опускается к окончанию спектра (рис. 3.12).

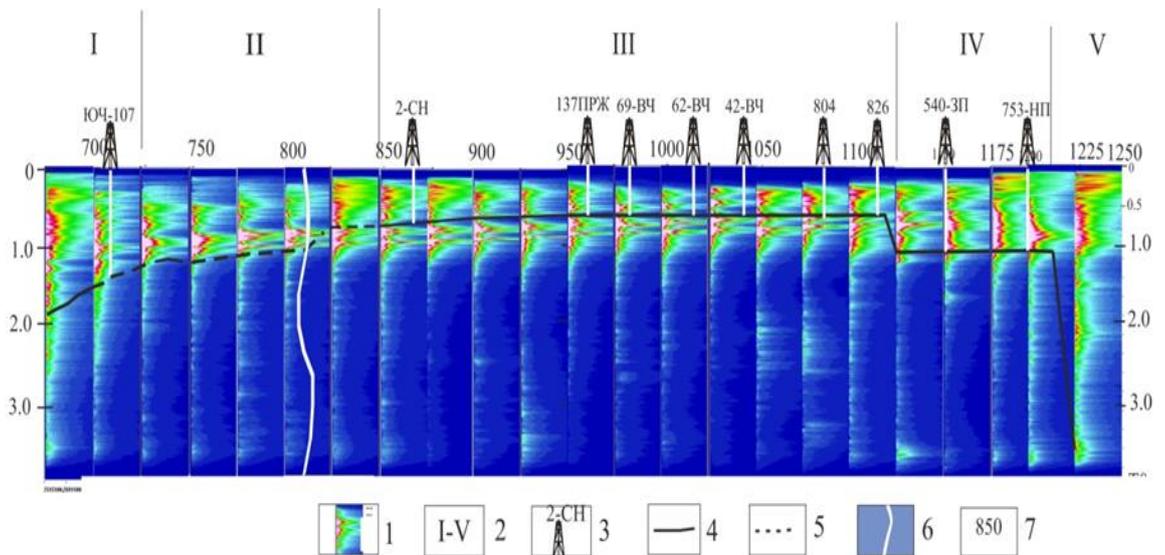


Рис. 3.12. Разрез вейвлет-спектров по профилю «Батолит-1» на его восточном фрагменте [Marsanova, Verzin, 2019].

1 – вейвлет-спектры, построенные на базе 250 м трасс временного разреза МОГТ; 2 – геологические структуры по профилю: I – Катангская седловина; II – зона сопряжения Катангской седловины и западного борта НПС; III – Непско-Пеледуйский свод, представленный в его основании инверсионным блоком палеорифта с покрывающей его кристаллическим пластообразным телом; IV – приплатформенная часть Предпатомского прогиба; V – внутренняя предгорная часть прогиба на границе с Байкало-Патомской складчатостью; 3 – скважины; 4 – положение линии вскрытия кристаллических пород относительно спектров по данным скважин; 5 – прогнозируемое положение кровли консолидированного фундамента на участке II; 6 – предполагаемое положение западного борта инверсионного палеорифта и смены типа разреза; 7 – пикеты по профилю, км.

По полученным построениям на обсуждаемом восточном фрагменте профиля зона сочленения расширяется (680–810 км), а вероятное положение западного борта и смены разреза смещается на пикет 810 км (см. рис. 3.8, рис. 3.12). Из-за отсутствия скважин в зоне сопряжения НПС и Катангской седловины на участке между скв. СН-2 и ЮЧ-107 это положение устанавливается по геофизическим данным. На разрезе вейвлет-спектров – по окончанию прослеживания (с востока на запад) конформно-подобных спектров (см. рис. 3.12). На разрезе Гильберт преобразования – по совокупности признаков: смене динамики отраженных волн (количества фаз отражений) на реперных горизонтах «В» и «R0» и положению 3 максимума поля ΔT (см. рис. 3.8).

Проведенные исследования позволили объяснить:

- особенности «подфундаментных» отражений на временном разрезе Гильберт-преобразования восточного фрагмента профиля «Батолит-1» и вскрытия на нем скважинами кровли кристаллических пород на территории НПС, не укладывающиеся в традиционную модель глубинного геологического строения свода с консолидированным фундаментом, на основе модели, увязываемой с гипотезой Б.А. Соколова [Марсанова, Берзин, 2017];

- аргументировать правомерность новых научных представлений о существовании в основании Непско-Пеледуйского свода субгоризонтального кристаллического пластообразного тела небольшой толщины ранневендского возраста, сложенного породами кристаллического фундамента, и подстилающих его «подфундаментных» отложений нижнего венда и рифея, а также отражений от них на восточном фрагменте временного разреза МОГТ по геотраверсу «Батолит-1»;

- оценить толщину вышеуказанного кристаллического пластообразного тела в районе скв. №804, составляющую 330 м, как разность абсолютной отметки поверхности

размыва в разрезе скважины и средней величины из абсолютных отметок кровли кристаллического пластообразного тела, вскрытого соседними скважинами [Марсанова, Берзин, 2018];

– охарактеризовать положительно промыслово-геологические параметры отложений венда и рифея, прогнозируемых под пластообразным телом с позиции обоснования развития в них потенциально продуктивных резервуаров;

– обосновать положение западного борта инверсионного палеорифта и окончания покрывающего его кристаллического пластообразного тела, где далее на запад вероятна смена типа геологического разреза.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы в качестве дополнительного обоснования для постановки целевого бурения глубоких скважин, вскрытия «подфундаментных» отложений и разведки прогнозируемых в них залежей нефти и газа [Marsanova, 2019].

3.3. Особенности глубинного строения зоны сочленения НБА и БПСО в Патомском секторе

Изучаемая территория включает юго-восточные склоны Непско-Пеледуйского свода (НПС) и частично Мирнинского выступа Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА) и зону сочленения с субмеридиональной частью Нюйско-Джербинской впадины (НДВ) Предпатомского краевого прогиба, которая относится к Патомскому сектору Предбайкало-Патомского надвигового пояса (рис. 3.13) [Марсанова, 2016].

В этом секторе надвигового пояса по фронту, начиная с горного в сторону платформы выделяют прифронтальную, промежуточную и передовую зоны, [Марсанова, 2016] в которых изучены структуры шарьяжно-надвиговой тектоники осадочного чехла, но остаются невыясненными фундаментальные вопросы, касающиеся глубинного

строения Предпатомского прогиба, в частности глубин залегания кристаллического фундамента и выраженности в нем прогиба, ареалов развития наиболее продуктивных по нефтегазогенерационному потенциалу отложений рифея, а также характера сопряжения платформы и Байкало-Патомской складчатой области (БПСО). Эти вопросы увязываются с природой нефтегазоносности месторождений в венд-нижнекембрийских отложениях осадочного чехла НБА, а также проблемой поиска новых крупных месторождений УВ.

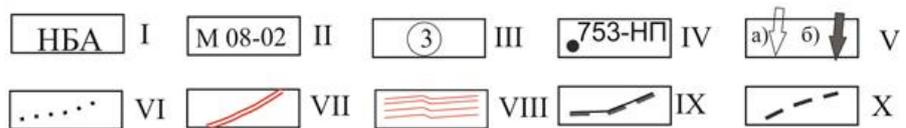
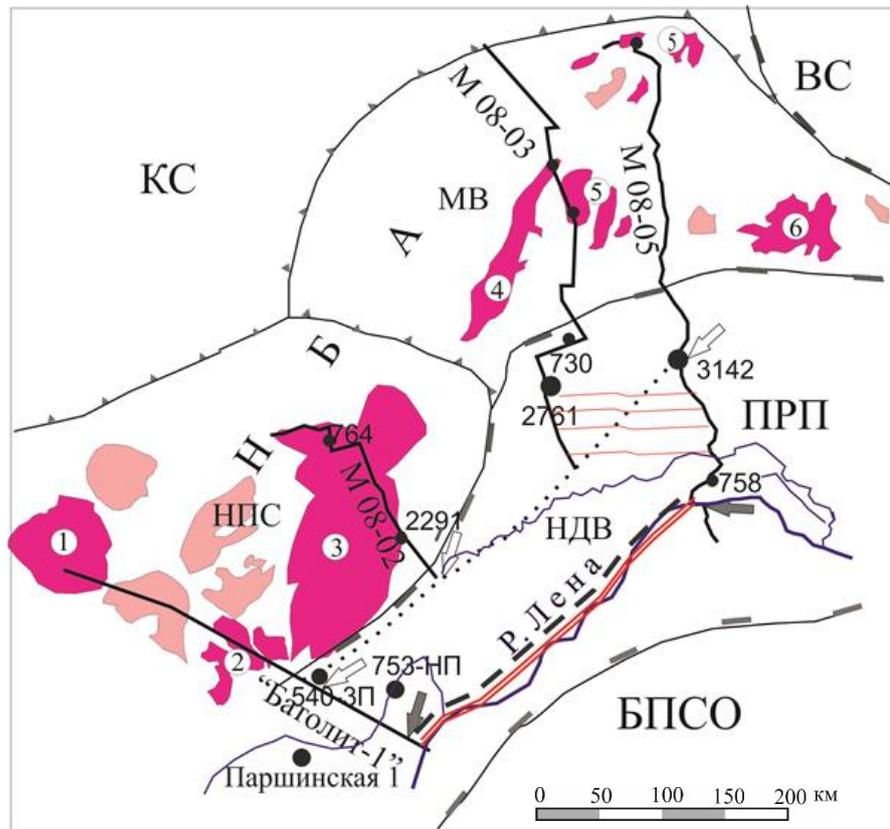


Рис. 3.13. Тектоническая схема северо-восточной части НБА с нагрузкой по результатам исследования [Кушмар, 2008]:

I–IV – то же, что на рис.1.1; V. Точки локализации: а – контура кристаллического пластообразного тела, б – глубинного разлома (шовного соединения); VI. Граница контура пластообразного тела; VII. Глубинный разлом. VIII. Тектонические нарушения, затронувшие кристаллическое пластообразное тело. IX. Прежняя граница между НПС и НДВ, X – аргументируемое положение контура границы между НПС и НДВ.

Гипотеза Б.А. Соколова и последующие результаты исследований по ее геолого-геофизическому обоснованию, уточнению и развитию пока не заверены глубоким бурением, но привнесли существенный объем новой информации о позднерифейских образованиях и позволяют перейти от гипотезы к вариантам построения априорной модели глубинного строения НПС. Существенными элементами этой модели являются неизвестный ареал кристаллического пластообразного тела в Предпатомском прогибе, т.е. его юго-восточная граница, и связанное с этим положение кровли консолидированного фундамента в прогибе.

Очевидно, что в условиях отсутствия данных глубокого бурения по фундаменту диагностика этой границы может быть основана на поиске геофизических характеристик, имеющих существенные различия картируемого кристаллического фундамента в зоне перехода от кристаллического пластообразного тела на территории НПС к консолидированному фундаменту в прогибе. Физической основой такого отличия является вертикальная геологическая неоднородность пластообразного тела и «подфундаментных образований» на НПС, с одной стороны, и однородность консолидированного фундамента в прогибе – с другой.

Определяющее значение для картирования в разрезе кристаллического пластообразного тела на платформе и консолидированного фундамента в прогибе имеют сейсмические разрезы МОГТ по геотраверсу «Батолит-1» [Детков и др., 2007] и сейсмическим маршрутам М08-02, М08-03 и М08-05, проходящим вкост простирания НДВ (рис. 3.13).

С учетом неоднозначности прослеживания кровли кристаллических пород на временных разрезах МОГТ, для выявления динамической характеристики, отражающей положение кровли фундамента и его вертикальную неоднородность, проведена цифровая обработка суммотрасс сейсмических разрезов с использованием возможностей

компьютерной системы спектрально-корреляционного анализа геоданных «КОСКАД 3D» [Берзин, 2017]. Одно из направлений обработки – вычисление по трассам временного разреза и построение вдоль профиля развернутых интегральных вейвлет-спектров, отражающих распределение по глубине энергетических характеристик отраженных волн. При этом установлено, что линия вскрытия кристаллических пород скважинами на платформе располагается на разрезе посередине спектров и соответствует положению кровли предполагаемого кристаллического пластообразного тела, а в прогибе опускается к окончанию спектров и соответствует кровле консолидированного фундамента [Берзин, Марсанова и др., 2014] (рис. 3.14).

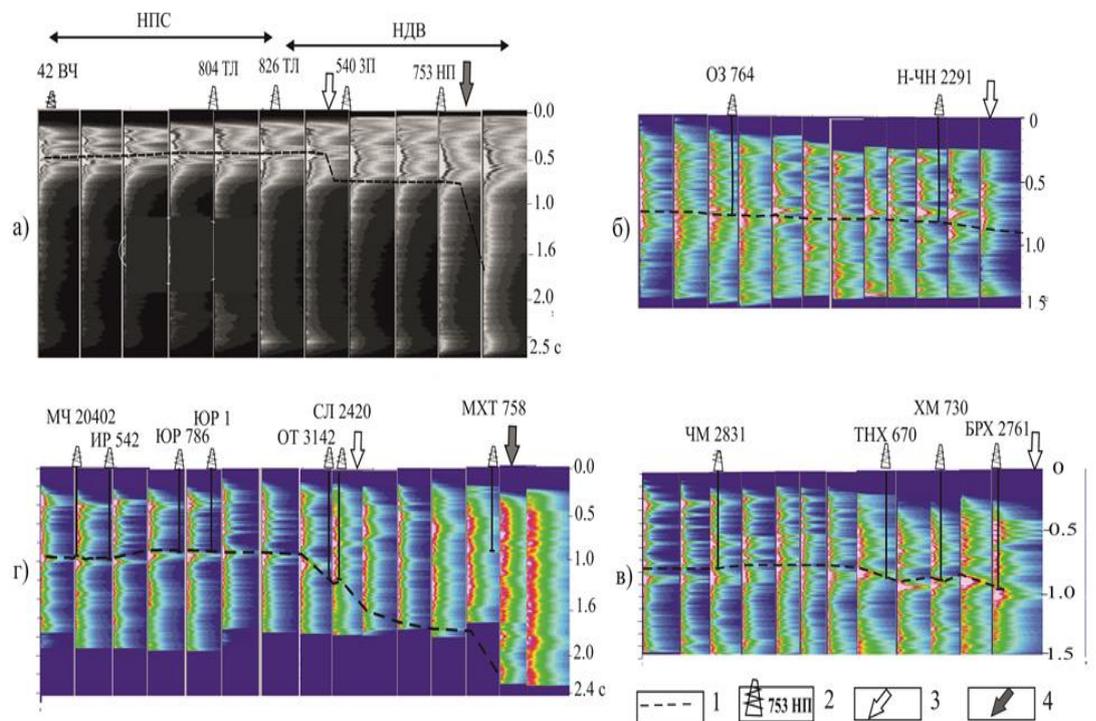


Рис. 3.14. Сборка спектральных вейвлет-разрезов по профилю «Батолит-1» и маршрутам, расположенным вкост простираия НДВ [Marsanova, Verzin, 2019].
 а) участок профиля «Батолит-1»; маршруты: б) М08-02; в) М08-03; г) М08-05.
 1 – кровля кристаллического пластообразного тела на платформе или кровля консолидированного фундамента в прогибе по данным глубокого бурения; 2 – глубокие скважины и их номер; 3 – пикеты окончания кристаллического пластообразного тела; 4 – пикеты резкого погружения консолидированного фундамента, ассоциируемого с глубинным разломом.

В плане линия, соединяющая пикеты перехода уровня вскрытия скважинами кристаллических пород со середины спектров к их окончанию интерпретируется нами как контур юго-восточного окончания кристаллического пластообразного тела (рис. 3.13). Для аргументации особенностей выявления и проявления кровли кристаллического фундамента в Предпатомском прогибе, как элемента будущей модели глубинного строения, рассмотрю аналог рис. 3.14-а, на более детальном уровне описания интегральных вейвлет-спектров по пофилю «Батолит-1» с дополнительной нагрузкой (рис. 3.15). Представленные на рисунке развернутые интегральные вейвлет-спектры, отражающие распределение по глубине энергетических характеристик отраженных волн, построены вдоль профиля по трассам временного разреза «Батолит-1» на базе 1000 трасс (25 км) [Marsanova, Verzin, 2019] с помощью компьютерной системы «КОСКАД-3D» [Петров, 2004] (рис. 3.15).

Вынесенный на спектры уровень вскрытия скважинами фундамента на платформе (Пк 950–1130; скв. 42 ВЧ – скв. 826 ТЛ) оказывается по середине спектров, а на спектрах в прогибе он смещается к их окончанию (Пк 1150–1250, скв. 540-3П) (рис. 3.14-б). Это еще один аргумент за вскрытие скважинами на платформе кровли кристаллического пластообразного тела, под которым могут быть не вскрытые (возможно рифейские) отложения (рис. 3.15-в), а также основание полагать, что линия, проведенная через точки окончания вейвлет-спектров на участке НДВ, конформна линии раздела между осадочным чехлом и областью фундамента и отражает кровлю залегания консолидированного фундамента в прогибе.

Построенная таким образом поверхность фундамента слабо погружается в прогибе от скв.540-3П к окончанию профиля. Диапазон изменения глубин 2800–3500 м. Резкое расширение вейвлет-спектра по глубине до 6 км в конце профиля (Пк 1225–1250 км) свидетельствует о возможном резком погружении архейского кристаллического

фундамента на границе со складчатой областью [Marsanova, Verzin, 2019] или смене его на складчатый протерозойский (рис. 3.15-б).

Реальность незначительного погружения кристаллического фундамента и сохранения мощности осадочного чехла на большей части Предпатомского прогиба устанавливается сопоставлением вейвлет-спектров по профилю «Батолит-1» в прогибе (рис. 3.15-б, Пк 1150–1250) и спектров в бортовой части Курейской синеклизы (рис. 3.15-г, Пк 500–700 км), где ими уверенно отражается погружение осадочного чехла и увеличение его мощности до 6 км.

На разрез (рис. 3.15-б) вынесены скважины, пробуренные до кристаллического фундамента на платформе и в прогибе, и глубины их вскрытия фундамента во временном масштабе. Существенно более глубокое его залегание в прогибе (скв. 540-3П) по отношению к платформе (скв. 826), как уже отмечалось, свидетельствует не прогиба, а перехода от вскрытия покрывающего кристаллического пластообразного тела в основании НПС к вскрытию консолидированного фундамента за ее пределами. Соответственно, большие мощности осадочного чехла здесь не результат его наращивания снизу рифейскими отложениями, а следствие процессов шарьяжно-надвиговой тектоники, приведшей к развитию дуплексов в надсолевом комплексе [Сереженков, Ситников, 1996].

О непроявлении Предпатомского прогиба в кристаллическом фундаменте и продолжении платформы на восток, а также предполагаемом шовном характере сочленения НБА с прифронтальной зоной БПСО свидетельствуют:

1. Аргументированное выше положение в разрезе кровли кристаллического фундамента в Патомском секторе Предпатомского прогиба.

2. Платформенный облик геофизических полей и общая приподнятость структурного плана, присущие антеклизе на уровне нижнего венда, которые сохраняются в восточном направлении в сторону Предпатомского прогиба порядка 100 км [Марсанова, Берзин, 2016] (рис. 3.15).

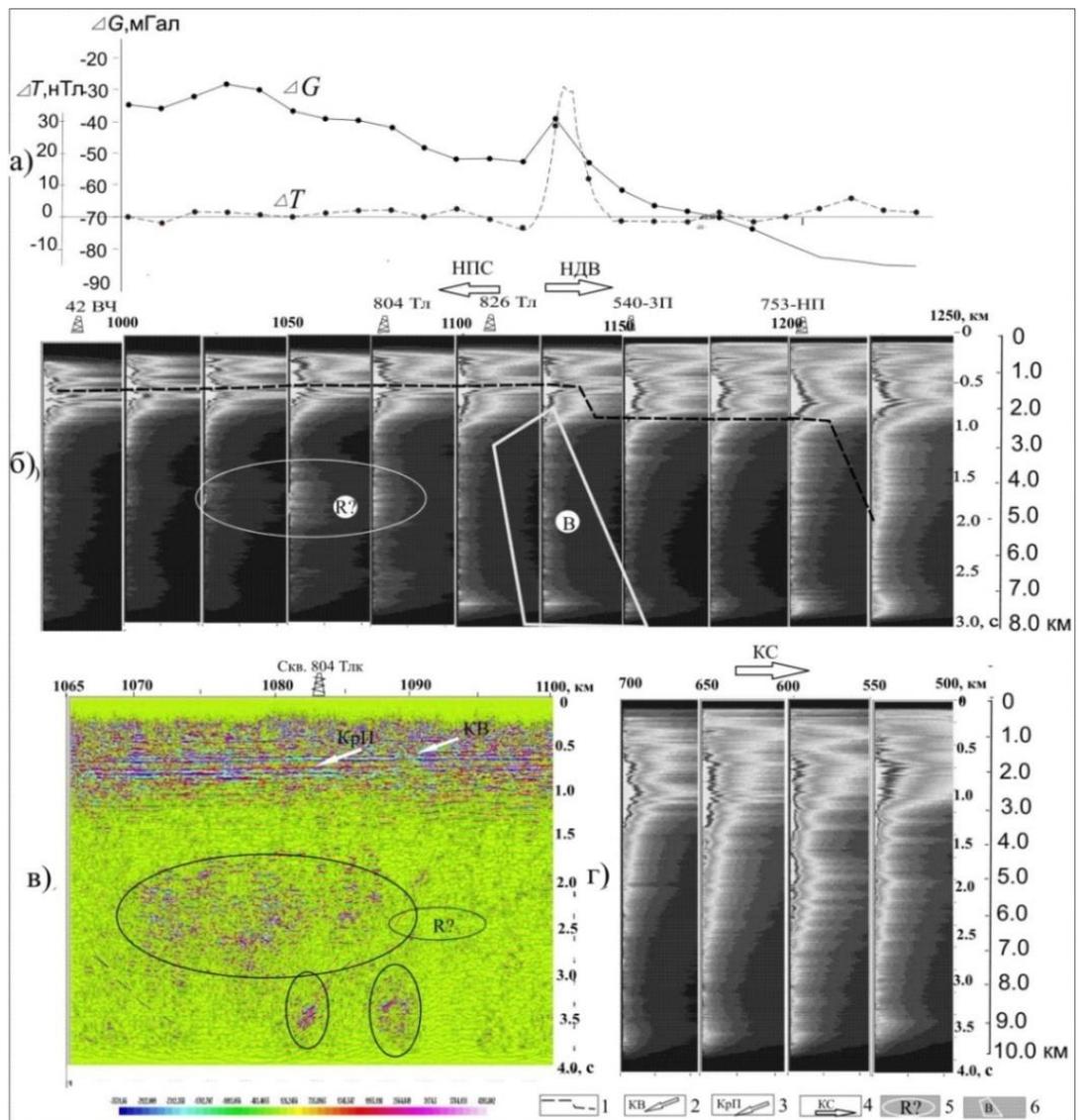


Рис. 3.15. К обоснованию элементов физико-геологической модели глубинного строения НПС и прилегающей части НДВ [Берзин и др., 2015].

а) кривые потенциальных полей ΔG и ΔT ; б) развернутые вдоль профиля «Батолит-1» интегральные спектральные характеристики-вейвлет-спектры; в) увеличенный фрагмент разреза с подфундаментной волновой картиной, связываемой с предположительно рифейскими отложениями; г) интегральные вейвлет-спектры, отражающие погружение борта Курейской синеклизы; 1 – положение на вейвлет-спектрах кровли кристаллического пластообразного тела на платформе (Пк 950–1130 км) и кровли консолидированного фундамента в прогибе (Пк 1150–1250 км); 2 – положение на разрезе отражающего горизонта «КВ», связанного с ботуобинским горизонтом бюкской свиты венда; 3 – то же кровли вскрываемого пластообразного тела; 4 – направление погружения: КС – Курейской синеклизы, НДВ – Нюско-Джербинской впадины; 5 – область развития глубокозалегающих (возможно рифейских) отложений; 6 – гранулитобазитовый блок.

По поводу смещения юго-восточной границы Непско-Ботуобинской антеклизой и основных структурных элементов аналогичная точка зрения высказана в монографии Г.Г.

Шемина «Граница Предпатомского регионального прогиба с Непско-Ботуобинской антеклизой в долине р. Лена между поселками Визирный и Витим в настоящее время проведена условно. Материалы бурения и сейсморазведки показывают, что на Чайкинской площади залегание венда выше, чем на Талаканском месторождении, т.е. самая приподнятая часть Непско-Ботуобинской антеклизы смещена на юго-восток до р. Лена. Граница прогиба здесь должна быть где-то между р. Лена и фасом Байкало-Патомского нагорья, поскольку у фаса развиты депрессии по ордовику и проседание венда должно быть не менее 0,5 км относительно Чайкинской площади» [Шемин, 2017, 60].

На карте суммарной проводимости осадочного чехла ρ_{Σ} по данным глубинной электроразведки ЗСБЗ, отражающей глубину залегания высокоомного кристаллического фундамента, по линии профиля «Батолит-1» и его продолжению [Берзин, Марсанова, 2014] не отмечается минимума ρ_{Σ} в апикальной части свода и заметного тренда увеличения проводимости в направлении погружения Предпатомского прогиба вплоть до контура БПСО. Напротив, отмечается относительный максимум проводимости в центральной части НПС (рис. 3.16 -в).

На карте гравитационного поля НПС не выражен и отражается полем над гравитационной ступенью. При этом наиболее прогнутая часть НДС в этом поле оказывается под складчатыми сооружениями Байкало-Патомской складчатой области (БПСО) (рис. 3.15-а). Основные черты магнитного поля ΔT определяются структурно-вещественными неоднородностями кристаллического фундамента, а структурные формы осадочного чехла и рельефа фундамента не выражены (рис. 3.16-б). На структурной карте геологического репера по кровле билирской свиты нижнего кембрия, построенной по данным бурения на приплатформенную часть прогиба, в этом же направлении отмечается выраженное смещение апикальной части свода по осадочному чехлу за пределы НПС (рис. 3.16-г).

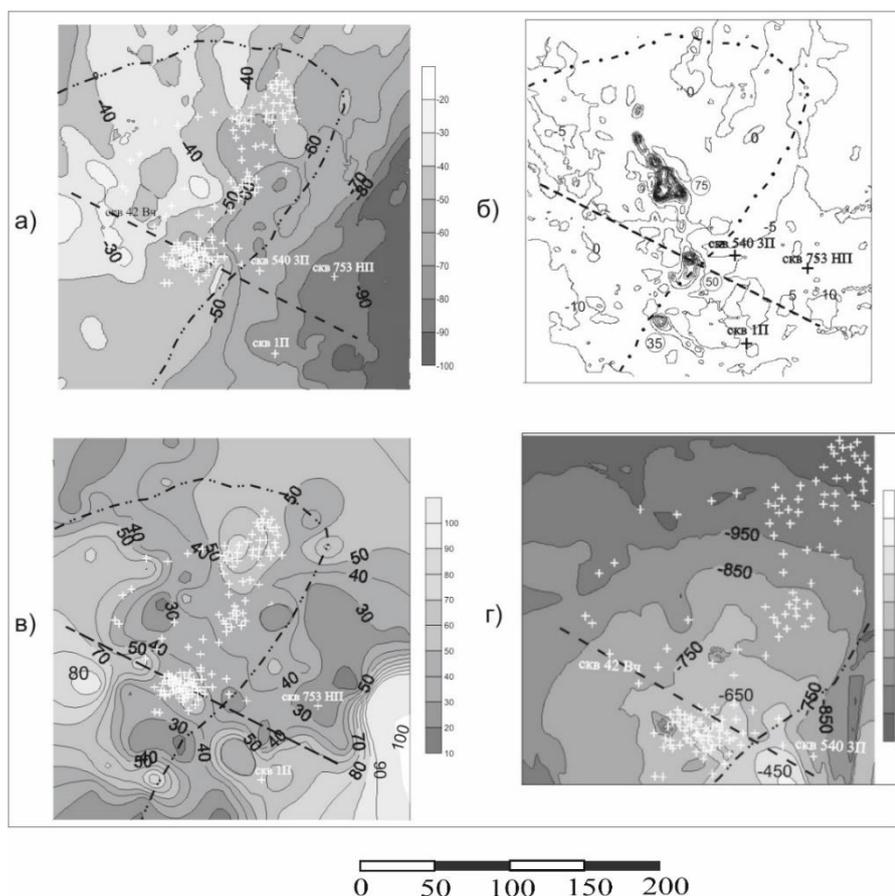


Рис. 3.16. Сопоставление геолого-геофизических карт на изучаемую территорию [Берзин, Марсанова и др., 2016].

а) гравитационного поля ΔG ; б) магнитного поля ΔT ; в) поля суммарной продольной проводимости осадочного чехла по данным электроразведки МТЗ; г) структурной карты по кровле билирской свиты нижнего кембрия. Штрих-пунктирная кривая – контур НПС, пунктирная прямая – участок профиля «Батолит-1»; белые точки – скважины.

3. Характерная для внутреннего борта прогиба на границе с БПСО, но нетипичная для внешнего приплатформенного борта огромная мощность крупнообломочных пород Талаканской толщи (молассовая формация), вскрытая скважинами в низах осадочного чехла прогиба на кристаллическом фундаменте, что свидетельствует об отсутствии внешнего борта прогиба.

Молассовая формация является типично орогенной и особенно характерна для краевых прогибов, является парагенетической ассоциацией слабо литифицированных сероцветных и красноцветных конгломератов, песчаников, глин и мергелей. Толщи

молассовой формации образуют узкие вытянутые полосовидные тела, непосредственно примыкающие к горным системам, близ которых залегают крупнообломочные отложения, замещающиеся по мере удаления от гор мелкообломочными и глинистыми породами. В этом же направлении мощность формационных тел сокращается от нескольких километров до нескольких сотен метров. Формационные тела подстилаются обычно образованиями флишевой формации [Горная энциклопедия, 1989].

Приведенные аргументы свидетельствуют о том, что Предпатомский региональный прогиб и входящая в его состав Нюйско-Джербинская впадина, устанавливаемые и оконтуриваемые лишь в верхней венд-кембрийской части разреза, имеющей здесь аллохтонную геологическую природу, не проявляются в кристаллическом фундаменте. Значит Предпатомский прогиб соответствует характеристике наложенного регионального прогиба.

4. Отмеченное по поведению вейвлет-спектров слабое погружение фундамента по наиболее протяженным профилям в южной части сектора (участок геотраверса «Батолит-1») и в северной части (сейсмический маршрут М08-05) сменяется резким погружением вероятно складчатого фундамента до 6 км и более в прифронтальной зоне надвигового пояса на границе с БПСО (см. рис. 3.14-а, 3.14-г, 3.15-б). Такое погружение с вероятной сменой типа фундамента увязывается нами с глубинным разломом, разделяющим НПС и прифронтальную зону складчатого пояса, где могут быть развиты отложения среднего и верхнего рифея, а складчатый фундамент погружен на большую глубину. Реальность развития мощной толщи рифейских пород подтверждается выходом их на поверхность в БПСО [Марсанова, 2017].

Линия, соединяющая на плане пикеты резких погружений фундамента на отмеченных профилях, совпадает с современным положением русла р. Лена, что дает основание предположить об унаследовании им глубинного разлома (см. рис. 3.13). Плановое положение глубинного разлома, установленного по данным спектрального

вейвлет-анализа временных разрезов МОГТ [Марсанова, 2017], подтверждается результатами обработки трансформаций грави-магнитных полей. Основаниями для его выделения является выраженная дихотомия по существенному различию изотропности проявления полей [Берзин, Марсанова и др., 2016] (рис. 3.17-а, 3.17-в) или разнонаправленности их линеаментов в платформенной и прилегающей к ней складчатой области (рис. 3.17-б, 3.17-г).

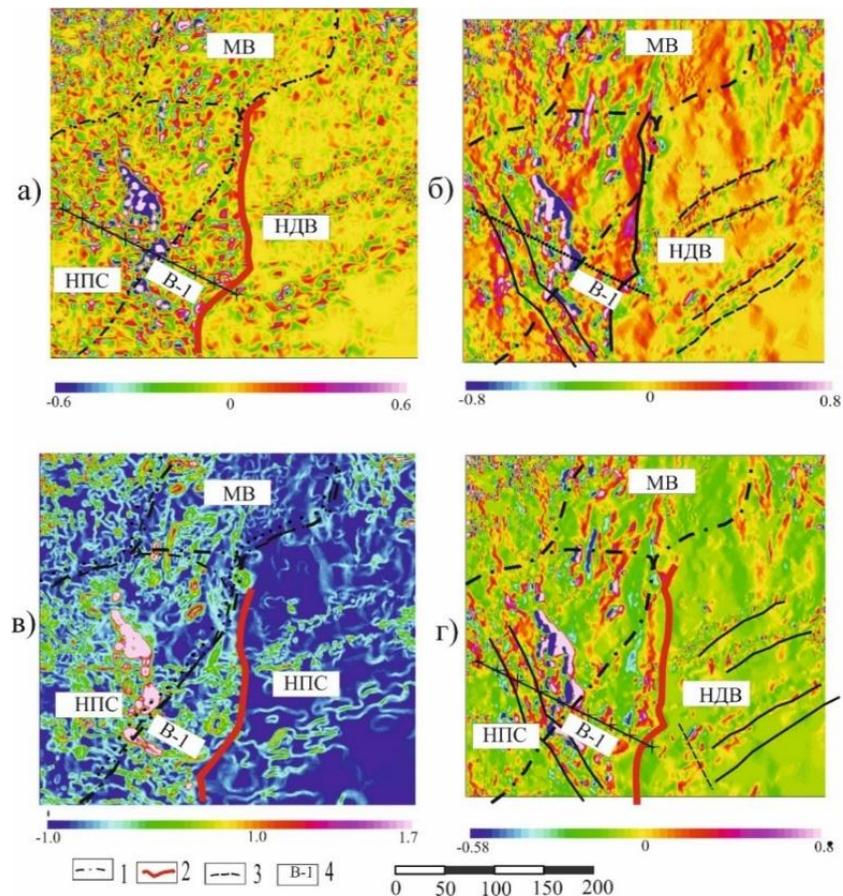


Рис. 3.17. Выделение глубинного разлома по данным преобразований потенциальных полей [Берзин, Марсанова и др., 2016].

а) разложение поля dT – 3 компонента; б) карта градиента поля dT между профилями; в) полный градиент поля dT ; г) компонентный анализ полей dT и dG – 4 компонента; 1 – контур НБА; 2 – выделяемое шовное соединение НБА и ПРП; 3 – линеаменты поля; 4 – профиль «Батолит-1».

Положение глубинного разлома на участке профиля «Батолит-1» в Предпатомском прогибе и унаследование его современным руслом р. Лена находят также подтверждение на сейсмогеологическом разрезе земной коры, построенном ФГУП «СНИИГГиМС» по

данным СГ-ОГТ в системе РЕАПАК-РД [Рудницкая и др., 2007] (рис. 3.18-а). По мнению исполнителей в поле наклонов отражателей контактами столбообразных зон однозначно проявляются субвертикальные границы наиболее крупных (надпорядковых) тектонических элементов противоположного знака, в том числе Курейской синеклизы, Непско-Ботуобинской антеклизы и Предпатомского регионального прогиба (рис. 3.18-а). На этом основании интересующее нас сочленение Непско-Ботуобинской антеклизы и БПСО можно назвать глубинным разломом, уходящим в мантию, а с учетом невыраженности Предпатомского прогиба в кристаллическом фундаменте – краевым швом, сочленяющим платформу и БПСО.

Реальность развития мощной толщи рифейских пород на правобережье р. Лена подтверждается геоэлектрическим разрезом восточной части профиля «Батолит-1» по данным МТЗ [Вахромеев и др., 2015] (рис. 3.18-б). Представляет интерес рассмотрение положений предполагаемых глубинного разлома и контура кристаллического пластообразного тела в прогибе, а также некоторых других структурных элементов на карте НБА совместно с сопряженными с антеклизой надпорядковыми структурами и положением русла р. Лена (рис. 3.18).

Видно, что в расположенном южнее Ажиткано-Непском секторе, где Нюйско-Джербинская впадина не выделяется, положение русла р. Лена совпадает по большей части с контуром НБА, а также повторяет по фронту контур разделения прифронтальной и промежуточной зон складчатости. Если предполагаемый глубинный разлом в этом секторе продолжается и проявляется унаследованным положением русла р. Лена, то можно полагать, что разлом является шовным соединением НБА и БПСО. При этом юго-восточная граница НБА в рассматриваемой части Патомского сектора может быть пересмотрена и перенесена на восток до левобережья р. Лена (см. рис. 3.13, рис. 3.19).

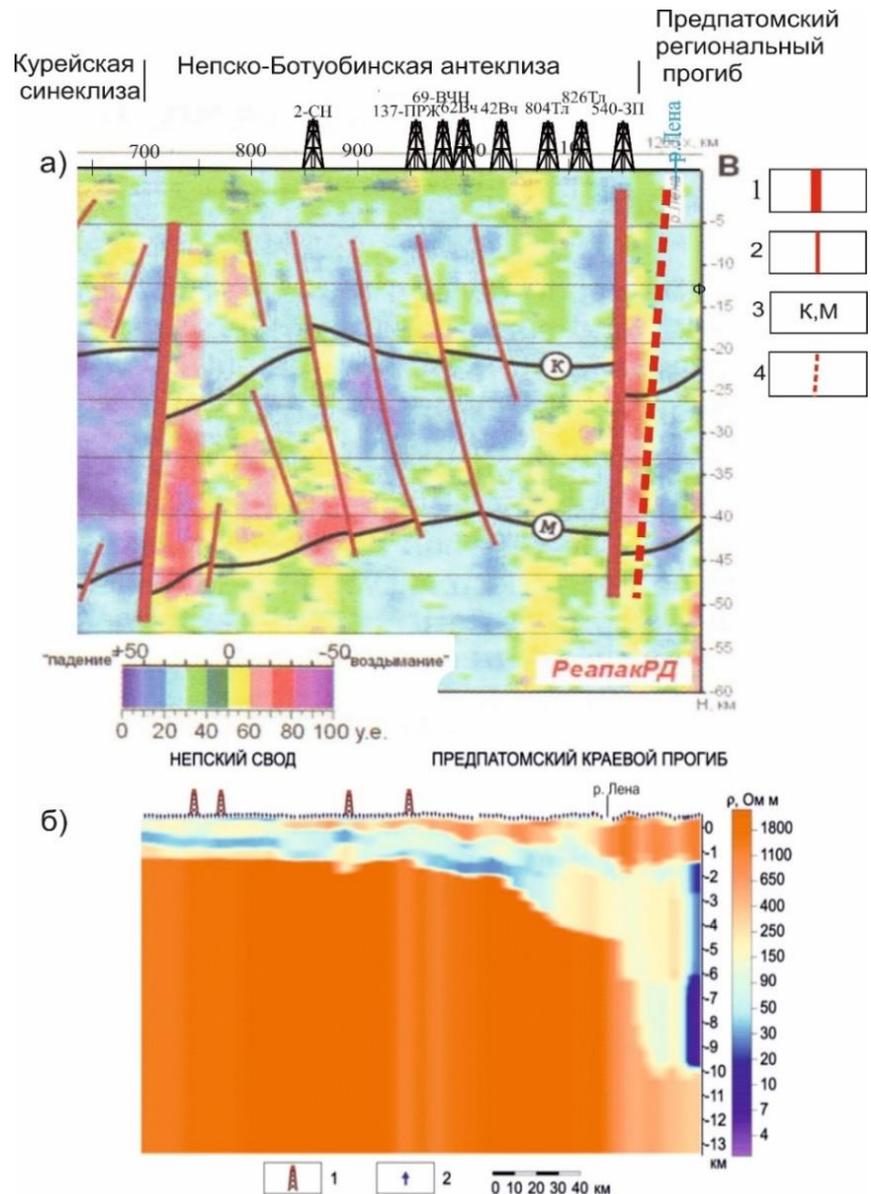


Рис. 3.18. К вопросам глубинного сочленения НПС и БПСО.

а) Сейсмогеоакустическая модель земной коры на фоне поля наклонов отражателей по опорному профилю «Батолит-1» (по данным ФГУП «СНИИГиМС»). 1 – основные глубинные разломы – границы блоков (надпорядковых тектонических структур); 2 – внутриблоковые разломы; 3 – основные сейсмоакустические границы в средней и нижней частях земной коры; 4 – авторский вариант корректировки положения глубинного разлома; 5 – палитра поля отраженной энергии и наклонов отражателей в относительных единицах (вверху – для углов наклона, внизу – для отраженной энергии). б) Геоэлектрический разрез восточной части профиля «Батолит» по данным МТЗ [Вахромеев, Поспеев, 2015]. 1 – скважины глубокого бурения; 2 – пункты МТЗ.

Другим заслуживающим внимания обстоятельством является схождение в Патомском секторе выделяемых линий контура кристаллического пластообразного тела и краевого шва. При сохранении тенденции расширения контура пластообразного тела на юго-восток можно ожидать выход его на линию глубинного разлома, ассоциируемую с

положением русла р. Лена, уже в приграничной части Патомского и Ачиткано-Непского секторов (рис. 3.19).

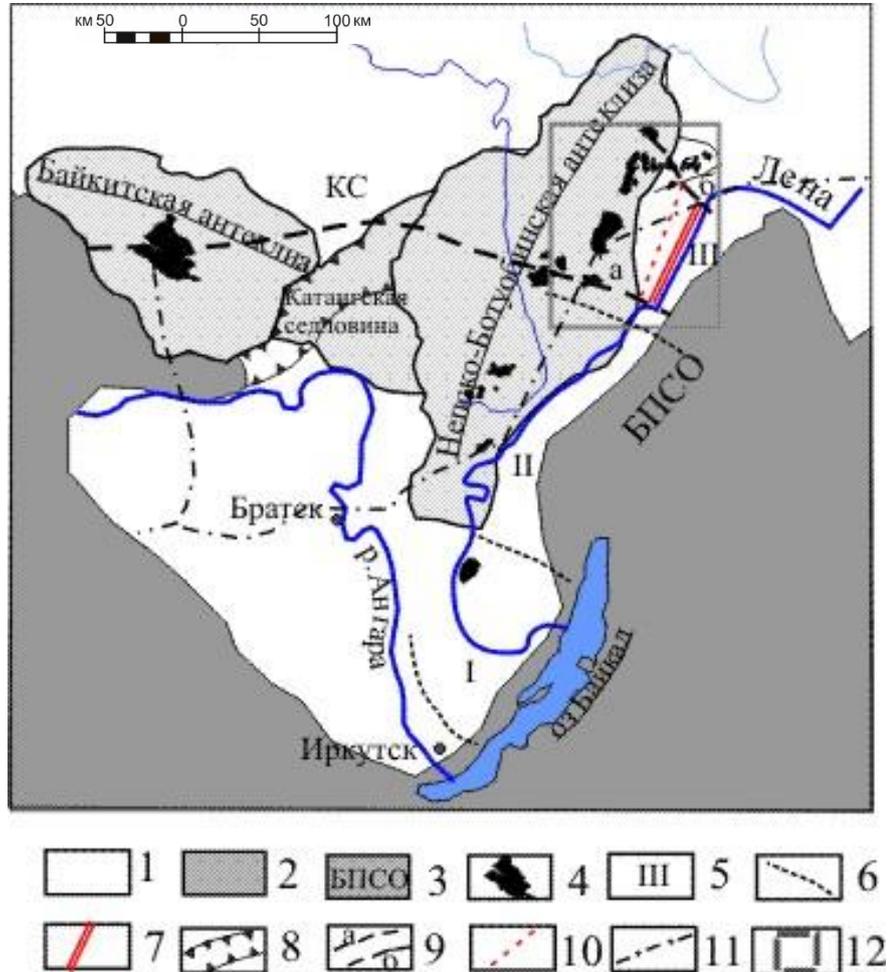


Рис. 3.19. Непско-Ботуобинская антеклиз и сопряженные надпорядковые структуры [Шемин, 2007]

1 – Сибирская платформа; 2 – складчатое обрамление платформы; 3 – Байкало-Патомская складчатая область; 4 – месторождения нефти и газа; 5 – секторы Предбайкало-Патомского складчато-надвигового пояса: I – Предбайкальский. II – Ачиткано-Непский, III – Патомский; 6 – боковые ограничения секторов; 7 – глубинный разлом (шовное сочленение) по данным исследований; 8 – Иркиннеево-Чадобецкий авлакоген, выходящий на поверхность; 9 – профили ОГТ: а) геотраверс «Батолит-1», б) маршрут М 08-05; 10 – прогнозируемое положение окончания кристаллического пластообразного тела; 11 – газопровод ВСТО; 12 – изучаемая территория; КС- Курейская синеклиза; БПСО-Байкало-Патомская складчатая область.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Геоплотностная глубинная модель, циклоседиментограммы скважин по данным ГИС и сейсмический разрез вейвлет-спектров по профилю «Батолит-1»,

позволяют аргументировать в основании Непско-Пеледуйского свода палеорифт с верхнего протерозоя, перекрытый субгоризонтальным кристаллическим пластообразным телом с «эрозионными окнами и реальность сейсмических отражений от горизонтов нижнего венда и рифея под ним.

2. Устанавливаемая реальность существования кристаллического пластообразного тела и верхнепротерозойских отложений на территории НПС объясняет особенности на временном разрезе Гильберт-преобразования: скважины на территории НПС вскрывают не консолидированный фундамент, а субгоризонтальное кристаллическое пластообразное тело относительно небольшой толщины, которая не проявляется в геофизических полях, а поверхность гранулитов-базитовых блоков палеорифтовой системы залегает на значительных глубинах; некоррелируемость позднерифейских отражений от одновозрастных образований Катангской седловины и НПС обусловлена сменой типа разреза на западном борту авлакогена.

3. В результате построений разреза вейвлет спектров по профилю «Батолит-1» и по совокупности геофизических признаков: смене динамики отраженных волн на реперных горизонтах «В» и «R0» и положению максимума поля ΔT , установлено положение западного борта инверсионного палеорифта, окончание покрывающей его кристаллического пластообразного тела и, соответственно, смена геологического типа осадочного разреза к западу от него.

4. На циклоседиментограмме разреза скв. 804, построенной по данным ГИС, выделяется крупнейший венд-нижнекембрийский мегациклит, охватывающий надфундаментную часть осадочного чехла, и в нем 3 макроциклита 1 порядка (репроциклита): толбачанский, осинский и ботубинский., которые увязываются с нефтегазовыми резервуарами. Под кристаллическим пластообразным телом расположена часть ботубинского макроциклита и ниже – рифейский макроциклит, что позволяет

охарактеризовать положительно промыслово-геологические параметры отложений нижнего венда и рифея под пластообразным телом с позиции развития в них потенциально продуктивных резервуаров.

5. Проведенные геофизические исследования и полученные результаты в обосновании новых черт глубинного строения зоны сочленения НБА и БПСО в Патомском секторе позволяют сформулировать второе защищаемое положение: «Выработанные методические приемы картирования кристаллических фундамента, пластообразного тела и глубинных разломов позволяют обосновать вырождение приплатформенной части Предпатомского краевого прогиба в Патомском секторе, расширение в нем контура Непско-Ботуобинской антеклизы на юго-восток и шовный характер сочленения антеклизы с Байкало-Патомской складчатой областью».

6. Установлено, что линия вскрытия кристаллических пород скважинами в случае кристаллического пластообразного тела располагается на разрезах вейвлет-спектров посредине спектров, (что свидетельствует о существовании энергии отраженных волн под вскрываемыми породами) и соответствует положению кровли предполагаемого кристаллического пластообразного тела, а в случае вскрытия скважинами кровли консолидированного фундамента линия вскрытия опускается к окончанию спектров [Marsanova, Verzin, 2019].

7. Слабое погружение кристаллического фундамента и сохранение мощности осадочного чехла на большей части прогиба, устанавливаемые по поведению вейвлет-спектров по профилю «Батолит-1» (в южной части сектора) и сейсмическому маршруту М 08–05 (в северной части), а также сохраняющийся в восточном направлении платформенный облик геофизических полей свидетельствуют, что Предпатомский региональный прогиб и входящая в его состав Нюйско-Джербинская впадина не проявляются в кристаллическом фундаменте. Можно предположить, что Предпатомский

прогиб в Патомском секторе является наложенным региональным прогибом, а контур НБА в этом секторе смещается на восток.

8. Слабое погружение фундамента на разрезах вейвлет-спектров в прогибе сменяется резким погружением вероятно складчатого фундамента до 6 км и более в прифронтальной зоне БПСО (рис. 3.14 а, г). Такое погружение увязывается автором с глубинным разломом, который с учетом смещения на восток контура НБА является краевым швом, разделяющим в Патомском секторе антеклизу и прифронтальную зону БПСО, где могут быть развиты отложения среднего и верхнего рифея, а складчатый фундамент погружен на большую глубину.

9. По данным корреляции на разрезах вейвлет-спектров пикетов перехода линии вскрытия кристаллических пород со середины спектров к их окончанию, а также пикетов резкого расширения спектров устанавливается соответственно юго-восточный контур кристаллического пластообразного тела и линия глубинного разлома. По этим данным и на основе анализа потенциальных полей устанавливается плановое совпадение линии глубинного разлома с положением русла р. Лена, что дает основание предположить об унаследовании им глубинного разлома в Патомском секторе. Положение глубинного разлома на участке профиля «Батолит-1» в Предпатомском прогибе и унаследование его современным руслом р. Лена находит подтверждение на сейсмогеологическом разрезе земной коры ФГУП «СНИИГГиМС» [Рудницкая, Старосельцев, 2007].

ГЛАВА 4. МОДЕЛЬ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ПО ПРОФИЛЮ «БАТОЛИТ-1» И ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫТИЯ КРУПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УВ НА ТЕРРИТОРИИ НПС

4.1. Модель глубинного геологического строения по профилю «Батолит-1» и его продолжению до БПСО

Определим вначале понятие физико-геологические модели (ФГМ) геологической среды, требования, которым она должна удовлетворять и принципы ее формирования [Особенности размещения залежей..., 2011]. Г.С. Вахромеевым введено понятие ФГМ. Согласно его определению под «ФГМ понимается абстрактное возмущающее тело, обобщенные размеры, форма и контрастность физических свойств которого с той или иной степенью приближения аппроксимируют реальные объекты, подлежащие обнаружению» [Вахромеев, 1978, 6].

Отталкиваясь от классического определения ФГМ и принципах ее формирования под априорной моделью глубинного геологического строения по профилю «Батолит-1» и его продолжению до БПСО [Марсанова, 2016] будем понимать обобщенное и формализованное описание пространственно-временной структуры геологических объектов и геофизических полей, с определенной степени вероятности отражающей реальные геологические объекты или геологическое строение территории. Основной целью моделирования является отображение геологического объекта максимально достоверно в другой интерпретации, описывающей его характеристики [Особенности размещения залежей ..., 2011].

Концепцией, увязывающей рассматриваемую модель с нефтегазоносностью осадочного чехла территорий НБА, являются представления о подфундаментном источнике УВ и вертикальной миграции углеводородных флюидов в периоды активизации разломных систем определенной генерации.

Основные блоки и элементы модели (рис.4.1):

- положение границы Мохоровичича на фрагменте временного разреза МОГТ по геотраверсу «Батолит-1» [Детков и др., 2011];
- данные глубоких скважин на профиле и вблизи него;
- палеорифтовая система в основании НПС и перекрывающая ее кристаллическое пластообразное тело, постулируемые на основании гипотезы Б.А. Соколова, генезис и параметры которых предполагаются по результатам исследований, включая геоплотностное моделирование [Берзин и др., 2007; Marsanova, Berzin, 2019];
- положение юго-восточной границы кристаллического пластообразного тела, поведение кровли консолидированного кристаллического фундамента в прогибе, а также характер сопряжения последнего с платформой и БПСО, установленные в диссертационной работе (рис. 4.1).

Прогнозируемые в прогибе глубины залегания фундамента по линии рассматриваемого профиля (Пк 1130-1250) с учетом результатов, изложенных в разделе 3.2, и известных разрезов осадочного чехла, вскрытых скважинами 540-3П и 753-НП, дают основание предположить, что:

- Предпатомский прогиб и входящая в него Нюйско-Джербинская впадина в кристаллическом фундаменте не выражены и мощных рифейских отложений ниже талаканской толщи на большей части прогиба (Пк 1110–1220) нет [Марсанова, 2017];
- контур НПС в зоне сопряжения с с Байкало-Патомской складчатой областью в Патомском секторе может быть пересмотрен в сторону его расширения за счет прогиба к юго-востоку на 90–100 км (см. рис. 3.10), а сочленение НПС со складчатым поясом осуществляется посредством краевого шва и прифронтальную зону складчатости [Марсанова, Берзин, 2017].

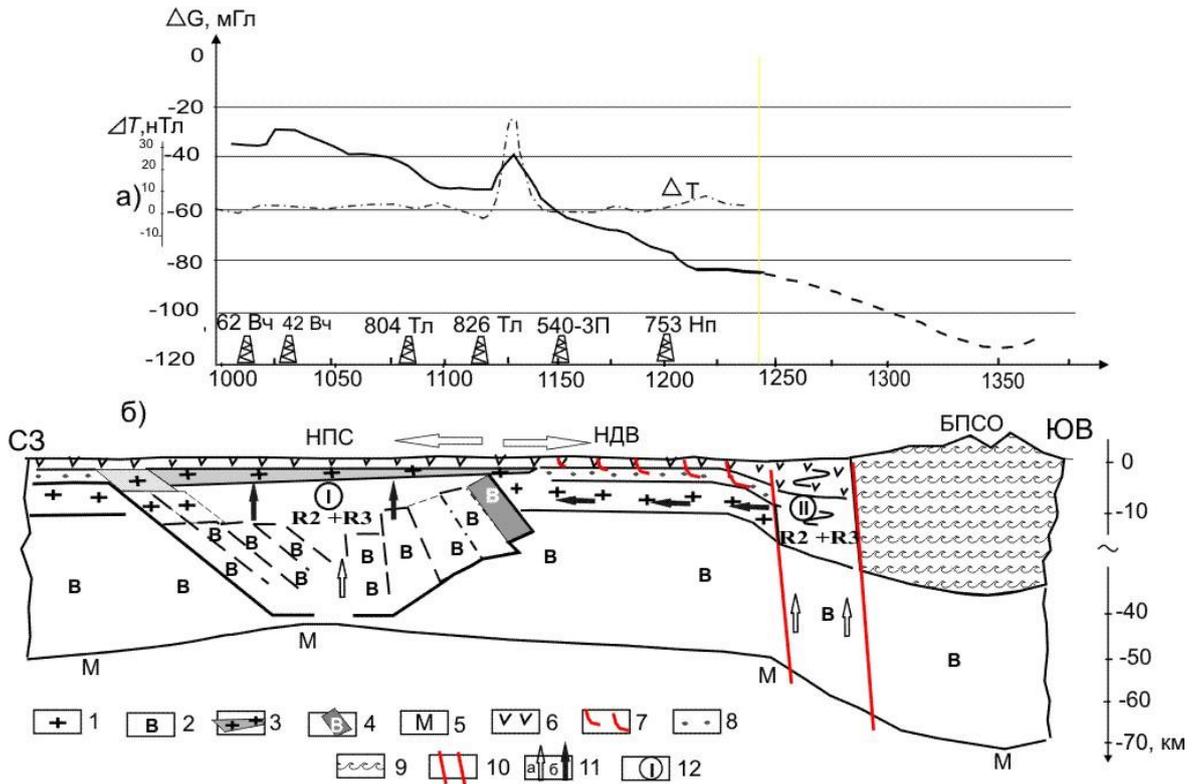


Рис. 4.1. Модель геологического строения земной коры по профилю «Батолит-1» и его продолжению до БПСО [Берзин, Марсанова и др., 2016].

а) кривая гравитационного поля ΔG по профилю (сплошная) и его продолжению до БПСО (пунктирная); б) обобщенная модель. 1 – гранито-гнейсовый слой коры и блоки; 2 – гранулитобазитовый слой коры и блоки; 3 – кристаллическое пластообразное тело; 4 – выступающий под пластообразное тело гранулитобазитовый блок субвертикального падения; 5 – граница Мохоровичича; 6 – венд-кембрийские отложения; 7 – шарьяжно-надвиговые дислокации; 8 – отложения талаканской толщи, 9 – метаморфизованные породы рифея; 10 – краевой шов; 11 – направления миграции потоков УВ: а – мантийных (светлая стрелка), б – битумоидных (темная стрелка); 12 – прогнозируемые рифеские отложения: I – в позднерифейских отложениях НПС; II – в прифронтальной зоне складчатого пояса.

К юго-востоку от шовного соединения прогнозируется резкое погружение кристаллического фундамента, увеличение мощности осадочного чехла за счет многокилометровой толщи рифейских отложений в прифронтальной зоне. В геологическом плане ей, очевидно, соответствует зона деструкции осадочного чехла вследствие интенсивного надвигообразования и складчатости, которая предшествует горному фронту [Марсанова и др., 2018] (рис. 4.1-б, Пк 1230). Лишь в пределах прифронтальных зон и горного фронта в венд-рифейских отложениях можно

предполагать наличие крупных неразрушенных месторождений УВ, законсервированных вследствие надвиговых процессов.

Кривая гравитационного поля ΔG на линии профиля отчетливо разделяется промежутком его стабилизации (ПК 1210–1350 км) на 2 участка. На первом из них тренд кривой и локальная аномалия (сплошная линия) отражают особенности структуры палеорифта и краевого прогиба [Берзин и др., 2013]. На 2 участке (пунктирная линия) поведение кривой обусловлено изменением изостатического равновесия [Марсанова, Берзин, 2017] земной коры при переходе к складчатой области (рис. 4.1-а).

В схемах Эри и Пратта равновесие устанавливается локально в каждом регионе. По современным представлениям изостатическое равновесие в таких областях обеспечивается сочетанием моделей Эри и Пратта, т.е. уменьшением плотности земной коры и прогибом поверхности Мохоровичича, коррелирующих с рельефом. В этой связи региональное уменьшение поля ΔG в зоне сочленения НДВ и БПСО можно связывать с увеличением мощности земной коры при переходе к складчатой области и с увеличением в коре доли метаморфизованного складчатого геосинклинального комплекса пород. Можно предположить, что под основанием Байкало-Патомской складчатой системы большая часть коры сложена породами, представлявшими ранее осадки и вулканиты, теперь же погруженные на большие глубины метаморфизованные и гранитизированные.

Акцентируется внимание на два прогнозируемых структурных элемента модели – шовное сочленение посредством глубинного разлома (ГР) с прифронтальной зоной – внутренней дистальной частью Предпатомского прогиба, и мощную толщу верхнепротерозойских отложений в последней, которые являются непреложными для нефтегазообразования. Представляет определенный интерес сопоставление построенной модели геологического строения земной коры по [Марсанова и др. 2014] фрагменту профиля «Батолит-1» и его продолжению до БПСП с упомянутым ранее геолого-

геофизическим разрезом земной коры по аналогичному фрагменту геотраверса «Батолит-1», построенного по данным ГСЗ [Сурков и др., 2003] (рис. 4.2).

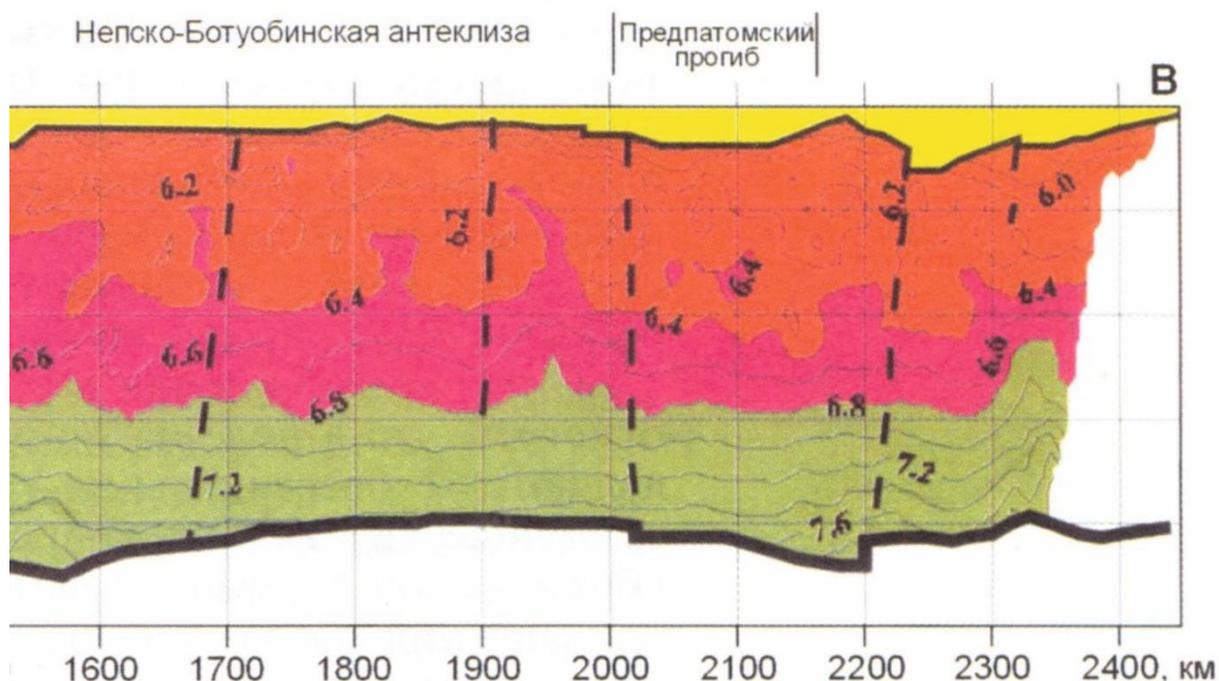


Рис. 4.2. Геолого-геофизический разрез земной коры по фрагменту геотраверса «Батолит-1» [по ГСЗ по Суркову и др., 2003].

На разрезе по В.С. Суркову (рис. 4.2) и на априорной модели (рис. 4.1) можно видеть совпадение положения поверхности Мохоровичича (границы М) на территории Непско-Ботуобинской антеклизы и до конца Предпатомского прогиба. На геолого-геофизической модели в БПСО наблюдается резкое погружение границы Мохоровичича в горной и предгорной области (рис. 4.1), а в разрезе по В.С. Суркову глубина границы Мохоровичича не изменяется. Можно также отметить наиболее высокое положение границы Мохо на обоих разрезах под территорией НБА, а также качественное совпадение положения глубинного разлома в сочленении Предпатомского прогиба с БПСО. Главное различие сопоставляемых глубинных разрезов в том, что в геолого-геофизическом разрезе (рис. 4.2) отсутствует палеорифтовая система, являющаяся основным элементом в модели

(рис. 4.1), хотя наиболее высокое положение границы Мохо на обоих разрезах под НБА является косвенным признаком ее присутствия, объясняющим высокую нефтегазоносность осадочного чехла НПС.

4.2. Перспективы открытия на НПС крупных месторождений углеводородного сырья

Перспективная в нефтегазоносном отношении территория юго-запада РС (Я) охватывает обширную площадь, которая на западе и юге ограничена административными границами республики, на востоке 120 меридианом, а на севере – р. Виллой. Наибольший интерес в нефтегазоносном отношении представляет западная часть этого региона, принадлежащая Непско-Ботуобинской нефтегазоносной области (НГО). Здесь открыты уникальные и крупные газонефтяные и нефтегазовые месторождения Талканское, Чаяндинское, Средне-Ботуобинское, Тас-Юряхское, Верхневиллючанское и др., которые вместе с сопредельными месторождениями Иркутской области, расположенными на территории Непско-Ботуобинской антеклизы, образуют обширный нефтегазоносный бассейн.

Как указывалось ранее, нефтегазовый потенциал осадочного чехла НБА в значительной мере исчерпан. Поэтому ожидать на его территории в традиционных резервуарах осадочного чехла, где достигнута высокая плотность сейсмических наблюдений МОГТ, открытия новых крупных, а тем более уникальных месторождений УВ для кратного увеличения запасов не приходится.

Вероятно, что реализовать прогнозное кратное увеличение запасов на юго-западе Якутии возможно при открытии крупного месторождения углеводородного сырья в позднерифейских отложениях Непско-Пеледуйского свода, оценить возможность существования которого представляет несомненный научный и практический интерес [Марсанова, Берзин, 2018].

Всего в осадочных бассейнах мира насчитывается, по оценке Скоробогатова В.А., 105 месторождений с геологическими запасами более 300 млрд м³ каждое (с извлекаемыми запасами более 240÷270 млрд м³ в зависимости от промыслово-геологических условий локализации и эксплуатации) [Скоробогатов, 2012].

На примерах крупнейших супербассейнов мира установлено, что основные скопления нефти и газа в месторождениях-гигантах образуются по соседству с горными сооружениями и определяются их позицией относительно последнего. Большинство таких бассейнов состоит из вытянутого желобообразного прогиба и крупной изометричной впадины, соседствующих с горным сооружением. Неотъемлемыми элементами бассейнов, устанавливающими связь с флюидодинамическими процессами и образованием месторождений УВ, является мощная осадочная толща в прогибе и газопитающий разлом земной коры в его дистальной части, уходящий в мантию [Корчагин, 1997] (рис. 4.3). Геологические характеристики уникальных месторождений приводятся в работах [Мандельбаум, 2005; Старосельцев, 2009; Кошляк, 2002]. Образование месторождений многих гигантских газовых и газоконденсатных месторождений, некоторые авторы [Шевченко, 2017; Geoffrey, 2006; Нугманов, 2016] увязывают с абиогенным глубинным характером.

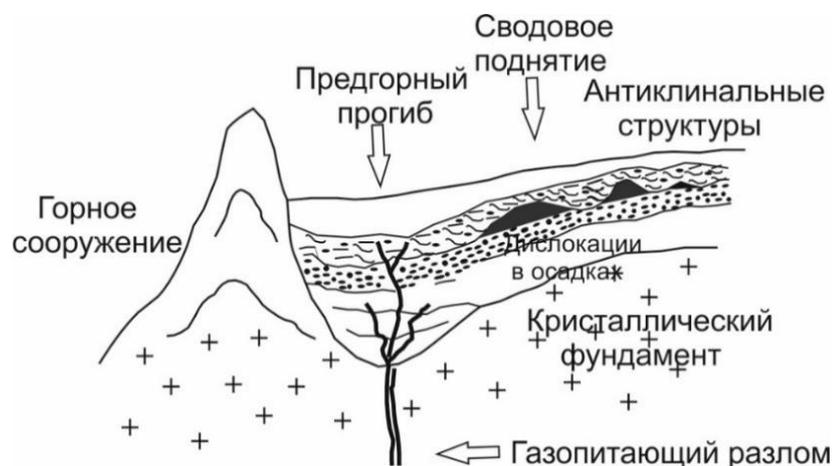


Рис. 4.3. Обобщенная структурная модель супербассейнов УВ [Корчагин, 1997].

Рассмотрение построенной модели в сопоставлении с обобщенной позволяет заключить, что формальные признаки наличия структурных элементов супербассейна в этой модели имеются [Марсанова, Берзин, 2017] (см. рис. 4.1). На юго-востоке территории расположена Байкало-Патомская складчатая область (БПСО), на северо-западе на расстоянии 150–200 км от него расположен Непско-Пеледуйский свод НБА, являющийся областью нефтегазонакопления, который сочленяется с БПСО через шовный разлом и прифронтальную зону складчатости [Марсанова, Берзин, 2018]. Надо обратить внимание на два прогнозируемых структурных элемента модели – шовное сочленение посредством глубинного разлома (ГР) с прифронтальной зоной БПСО и мощной толщей верхнепротерозойских отложений в последней (см. рис. 4.1).

Глубинные разломы (ГР) являются основными дренажными системами земной коры, определяющими главные эндогенные процессы: сейсмичность, вулканизм, мантийную дегазацию, разгрузку глубинных флюидных систем внутри осадочного чехла вплоть до поверхности, вторичные преобразования пород осадочного чехла, формирование большинства флюидогенных полезных ископаемых а также УВ, контролируют эндогенный режим геологических структур. Глубинные разломы – неотъемлемая часть нефтегазоносных бассейнов, так как в их основании выявляются рифтогенные структуры и проявляется магматическая деятельность в отдельные периоды тектоно-магматической активности.

Предполагаемое шовное сочленение НБА с БПСО, без сомнения, является глубинным мантийным разломом и совместно с мощной толщей терригенных отложений, прогнозируемых в прифронтальной зоне складчатого пояса, являются важными элементами структурного ряда, характерного для обобщенной структурной модели месторождений-гигантов УВ. Уникально высокая нефтегазоносность Непско-Пеледуйского свода, по всей видимости, обусловлена вышеуказанными особенностями

глубинного строения сопредельной с ним территории и положением свода на стыке перикратонного края Сибирской платформы и структурных элементов Байкало-Патомской горно-складчатой области, сочленение которых происходило, очевидно, по краевому шву или серии глубинных разломов, периодически активизируемых в истории их геологического развития. При этом, как признается многими исследователями, особая роль в формировании залежей должна принадлежать тектонически-активным зонам и активизированным разломным системам, являющимися зонами разгрузки глубинных флюидов в осадочном чехле и проводящими каналами для субвертикальных миграционных потоков [Войтов и др., 2001; Вартанян, Юсупова, 2001; Багдасарова, 2002; Драгунов, Хамидуллина, 2003; и др.].

Изучением современной геодинамики нефтегазоносных месторождений в разных тектонических обстановках показано, что зоны нефтегазонакопления контролируются системами глубинных разломов, уходящих в мантию и их активностью. Наиболее полно характеристика и роль активизированных разломных систем приведены в работах Багдасаровой М.В. [Багдасарова, 2002; Багдасарова, 2014]. Во влиянии разломных систем на стадийность образования залежей УВ и разломно-блоковое строение НБА, в частности, проступает более значимая роль диагональной системы разломов планетарных направлений при подчиненной роли ортогональной [Милосердова, Шпильман, 2011].

Современные флюидодинамические концепции допускают образование залежей УВ за счет флюидов биогенного генезиса и их латеральной миграции, так и флюидов поступающих в бассейн путем вертикальной миграции при расформировании залежей нижних горизонтов или из глубинных эндогенных источников: подфундаментных (криптогенных), мантийных или метаморфогенных. В связи с выявившимися гигантскими масштабами глубинной дегазации Земли в том числе и углеводородной разрабатываются схемы процессов нефтегазонакопления, помимо классической биогенной, также за счет процессов дегазации как прямые так и с промежуточным накоплением бактериальной

массы и ее переработки в нефть [Валяев и др., 2015; Валяев, Титков, Чудецкий, 2001; Войтов, Паршикова, Рудаков, 2001; и др.]. Исследования по проблеме дегазации Земли, увязанных с генезисом глубинных углеводородных флюидов рассмотрены в работах [Dai et al., 2008; Jenden et al., 1993; Ray et al., 2009; Valyaev, 2013].

В обсуждаемой модели два возможных источника углеводородов – ареалов развития мощных толщ наиболее продуктивных по нефтегазогенерационному потенциалу отложений углеродистых формаций среднего и верхнего рифея, которые отсутствуют в осадочном чехле НБА [Берзин, Марсанова и др., 2016] (см. рис. 4.1). Первый источник «позднерифейский» – гипотетическая палеорифтовая система с мощной осадочной терригенно-карбонатной толщей, перекрытая кристаллическим пластообразным телом. Второй источник – дистальная часть прогиба, не вскрытого бурением, реальность развития мощной толщи рифейских отложений в которой подтверждается выходом их на поверхность в БПСО. При этом допускаются также два варианта трактовки процессов образования залежей в этих отложениях – в соответствии с осадочно-миграционной теорией под влиянием глубинных разломов и вертикальных мантийных потоков УВ.

Генерационные потенциалы обоих источников по первому варианту природы образования залежей примерно одинаковы, но в надфундаментных отложениях НПС не могут складываться ввиду того, что миграция УВ из дальней зоны 2 источника затруднена или невозможна из-за повсеместной нарушенности осадочного чехла прогиба шарьяжно-надвиговыми дислокациями [Берзин, Марсанова, 2014]. Генерационный потенциал второго источника по второму варианту природы образования залежей априорно выше, так как он является основным у супербассейнов. Он может сложиться в подфундаментных отложениях с генерационным потенциалом рифтовой системы, если миграционные потоки УВ будут направляться под кристаллическое пластообразное тело и накапливаться в отложениях «позднерифейского» палеорифта. Процесс может иметь место, если контур юго-восточного окончания пластообразного тела выйдет на линию шовного соединения.

Вероятность такого схождения существует и обсуждалась выше. Прогнозируемая область схождения – приграничная часть Патомского и Ачиткано-Непского секторов может явиться 2 областью генерации УВ.

Установленные предпосылки существования палеорифта в основании НПС и отсутствие достоверных данных о дальней миграции УВ под кристаллическое пластообразное тело дают основание говорить о неостребованном высоком УВ-потенциале позднериффейских отложений, свойственном погребенным рифтовым системам [Марсанова, Берзин, 2016]. Активными агентами формирования залежей в них являются повышенные в 2–3 раза и более по сравнению со смежными территориями тепловые потоки и повышенная сейсмичность [Fairhead, Stuart, 1982], способствующие процессам генерации, эвакуации и миграции УВ. Кроме того, рифтогенные зоны, как правило, являются тектонически-активными в ходе всей эволюции бассейна, включая и неотектонический этап [Ступакова, 2001].

По результатам исследований сделаны следующие выводы:

1. Построена по геотраверсу «Батолит-1» и его продолжению до БПСО глубинная модель земной коры до границы Мохоровичича в тектоническом ряду Непско-Пеледуйский свод – Предпатомский прогиб – Байкальско-Патомская складчатая область в Патомском секторе, которая учитывает: сейсмогеоакустическую модель земной коры [ФГУП «СНИИГГиМС»]; геолого-геофизический разрез земной коры по данным ГСЗ [Сурков и др., 2003], а также априорную модель глубинного строения НПС [Берзин и др., 2013].

2. Основными блоками и элементами модели явились: положение границы Мохоровичича на фрагменте временного разреза МОГТ по геотраверсу «Батолит-1» [Детков и др., 2011], данные глубоких скважин на профиле и вблизи него; палеорифтовая система в основании НПС и перекрывающее ее кристаллическое пластообразное тело,

постулируемые на основании гипотезы Б.А. Соколова, генезис и параметры которых предполагаются по результатам ранее проведенных исследований, включая геоплотностное моделирование [Берзин и др., 2011, 2013]; положение северо-западного борта палеорифта и юго-восточной границы кристаллического пластообразного тела, поведение кровли консолидированного кристаллического фундамента в прогибе, а также характер сопряжения последнего с платформой и БПСО, установленные автором и изложенные в разделе 3.

3. На построенной глубинной модели земной коры выявлены формальные признаки наличия структурных элементов супербассейна, характерные для нефтегазоносных месторождений-гигантов по соседству со складчатыми областями. Залежи УВ, при этом прогнозируются в «позднерифейских» отложениях Непско-Пеледуйского свода.

4. Результаты проведенных исследований могут быть использованы в качестве дополнительного обоснования для постановки целевого бурения глубоких скважин, вскрытия «позднерифейских» отложений и разведки прогнозируемых в них залежей нефти и газа [Марсанова, Берзин, 2018].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований:

1. Получены новые аргументы реальности существования кристаллического пластообразного тела перекрываемых им продуктивных отложений докембрия в основании НПС, которая объясняет особенности на временном разрезе Гильберт-преобразования: скважины на территории НПС вскрывают не консолидированный фундамент, а субгоризонтальное кристаллическое пластообразное тело относительно небольшой толщины, которое не проявляется в геофизических полях, а поверхность гранулито-базитовых блоков палеорифтовой системы залегает на значительных глубинах; некоррелируемость позднерифейских отражений от одновозрастных образований Катангской седловины и НПС обусловлена сменой типа разреза на западном борту палеорифта.

2. Произведены оценки толщины пластообразного тела (порядка 300 м) и геолого-промысловых характеристик отложений под ним, которые могут служить обоснованием целесообразности разведки позднерифейских отложений.

3. Слабое погружение кристаллического фундамента и сохранение мощности осадочного чехла на большей части прогиба, устанавливаемые по поведению вейвлет-спектров по профилю «Батолит-1» (в южной части сектора) и сейсмическому маршруту М08–05 (в северной части), а также сохраняющийся в восточном направлении платформенный облик геофизических полей свидетельствуют, что Предпатомский региональный прогиб и входящая в его состав Ньюско-Джербинская впадина, не проявляются в кристаллическом фундаменте. Можно предположить, что Предпатомский прогиб в Патомском секторе является наложенным региональным прогибом, а контур НБА в этом секторе смещается на восток.

4. Слабое погружение фундамента на разрезах вейвлет-спектров в прогибе сменяется резким погружением вероятно складчатого фундамента до 6 км и более в

прифронтальной зоне БПСО. Такое погружение увязывается автором с глубинным разломом, который с учетом смещения на восток контура НБА является краевым швом, разделяющим в Патомском секторе антеклизу и прифронтальную зону БПСО, где могут быть развиты отложения среднего и верхнего рифея, а складчатый фундамент погружен на большую глубину.

5. По всем имеющимся геолого-геофизическим данным построена глубинная модель земной коры по профилю «Батолит-1», которая сопоставлена с обобщенной структурной моделью месторождений-гигантов, сформировавшихся на границе со складчатыми областями; установлено наличие формальных признаков структурных элементов супербассейна на рассматриваемой территории и обоснована возможность формирования крупного месторождения в позднерифейских отложениях юго-восточной части НПС.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев Ф.Н., Берзин А.Г., Ситников В.С.* Природные совокупности и ассоциации залежей углеводородов // Мат. VI-й международной конференции «Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа». М: Геос, 2002. Т. 1. С. 21–25.
2. *Александров Б.А., Лабазанов М.М., Хасанов М.А., Эзирбаев Т.Б., Гермаханова Д.У.* Основные доводы в пользу теории абиогенного происхождения углеводородов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2014. № 4. С. 64–67.
3. *Ануприенко А.А., Гилерт В.К., Яковлев Ю.И.* Геология и геохимия нефтей северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы. Якутск: ЯНЦ, 1989. 166 с.
4. *Анциферов А.С., Бакин В.Н. и др.* Геология нефти и газа Сибирской платформы. М: Недра, 1981. 552 с.
5. *Анциферов А.С., Бакин В.Н., Воробьев В.Н., Гребёнкин Т.Я.* Непско-Ботуобинская антеклиза – новая перспективная область добычи нефти и газа на Востоке СССР. Н: Наука, 1986. 246 с.
6. *Бабаян Г.Д.* Тектоника и нефтегазоносность Вилуйской синеклизы и прилегающих районов по геофизическим материалам. Н: Наука, 1973. 143 с.
7. *Багдасарова М.В.* Геодинамические типы нефтегазовых месторождений и связь их с эндогенным режимом глубинных разломов // IV Геофизические чтения им В.В. Федынского. М.: Недра, 2002. С.30–32.
8. *Багдасарова М.В.* Особенности флюидных систем зон нефтегазонакопления и геодинамические типы месторождений нефти и газа // Глубинная нефть. 2014. Т. 2. № 2. С. 200–209.
9. *Баженова Т.К., Дахнова М.В., Можегова С.В.* Верхний протерозой Сибирской платформы – основной источник нефтегазоносности её домезозойского

мегабассейна // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2011. Т. 6. № 2. С.2–21.
http://www.ngtp.ru/rub/1/17_2011.pdf.

10. *Белоусов В.В.* Основные вопросы геотектоники. 2-е изд., перераб. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 608 с.

11. *Берзин С.А., Берзин А.Г.* Модели циклического строения отложений венда-кембрия месторождений Непско-Пеледуйского свода по данным каротажа скважин // Отечественная геология. 2011. № 6. С.87–96.

12. *Берзин А.Г., Марсанова М.Р., Иванов И.С.* О перспективах открытия нефтегазоносного бассейна в подфундаментных отложениях Непско-Пеледуйского свода на юго-западе РС (Я) // мат. III международной научно-практич. конференции «Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия». Н: Межд. Научный институт «Edicatio», 2014. С.9–13.

13. *Берзин А.Г.* Гипотеза Соколова - аргументы за и против (в условиях Непско-Пеледуйского свода Непско-Ботуобинской антеклизы) // Геология и разведка. 2009. № 1. С. 41–48.

14. *Берзин А.Г.* Особенности размещения залежей углеводородов и природы геологических структур в Западной Якутии. Н: Наука, 2011. 255 с.

15. *Берзин А.Г., Берзин С.А., Иванов И.С.* Геолого-геофизические модели Непско-Пеледуйского свода и прилегающей части Нюйско-Джербинской впадины // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2014. № 4. С. 55–63.

16. *Берзин А.Г., Берзин С.А., Рудых И.В.* О возможном подфундаментном источнике УВ в условиях Непско-Ботуобинской антеклизы (Сибирская платформа) // Геофизика. 2007. № 2. С. 9–15.

17. Берзин А.Г., Берзин С.А., Рудых И.В., Усенко А.Ю. Циклическое строение венд-нижнекембрийских отложений Чайядинского и Талаканского месторождений по данным каротажа скважин // Вестник ЯГУ. 2006. Т. 3. № 1. С. 20–26.

18. Берзин А.Г., Иванов И.С., Марсанова М.Р. Особенности глубинного строения зоны сочленения Сибирской платформы и Байкало-Патомской складчатости в связи с нефтегазоносностью (Патомский сектор) // Наука и образование. 2015. № 2 (78). С. 51–57.

19. Берзин А.Г., Иванов И.С., Архипова Т.А. О глубинном строении западного сегмента Предпатомского прогиба и прилегающей части Непско-Пеледуйского свода // Наука и образование. 2013. № 2 С. 58–64.

20. Берзин А.Г., Илларионова М.Г., Иванов И.С., Марсанова М.Р., Берзин С.А. Геолого-геофизические предпосылки уникального нефтегазового потенциала подфундаментных образований Непско-Пеледуйского свода // Разведка и охрана недр. 2015. № 12. С. 17–22.

21. Берзин А.Г., Марсанова М.Р., Иванов И.С. К вопросу существования гигантских месторождений углеводородов на юго-западе Якутии // Мат. Всеросс научно-практич конфер. «Геология и мин.-сырьевые ресурсы сев-вост России», Якутск: СВФУ, 2014. С. 60–65.

22. Берзин А.Г., Марсанова М.Р., Ситников В.С. Предпосылки уникального нефтегазового потенциала подфундаментных образований Непско-Пеледуйского свода // Мат. V международной научно-практической конференции «Современные концепции научных исследований». 2014. С. 43–48.

23. Берзин А.Г., Рудых И.В., Берзин С.А. Особенности формирования многопластовых залежей углеводородов месторождений Непско-Ботуобинской антеклизы // Геология нефти и газа. 2006. № 5. С. 14–21.

24. Берзин А.Г., Ситников В.С., Берзин С.А. Опыт использования спектрально-глубинных разверток данных каротажа скважин для решения нефтегазопроисковых задач на Сибирской платформе // Каротажник. 2011. Вып. 8 (206). С. 10–24.
25. Берзин А.Г., Ситников В.С., Марсанова М.Р. Особенности глубинного строения и нефтегазоносности зоны сочленения Сибирской платформы и Байкало-Патомской складчатости (Патомский сектор) // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2016. № 3. С.19–25.
26. Берзин А.Г., Ситников В.С., Марсанова М.Р. Особенности тектонического строения зоны сочленения Сибирской платформы и Байкало-Патомской складчатости (Патомский сектор) // Мат. всеросс. научно-практ. конфер. «Геология и мин.-сырьевые ресурсы сев-вост России». Якутск, 2015. С. 53–57.
27. Берзин А.Г., Туги Э.Р., Ситников В.С., Берзин С.А. Подфундаментная нефть (в условиях Непско-Пеледуйского свода Непско-Ботуобинской антеклизы) // Разведка и охрана недр. 2013. № 12. С. 27–32.
28. Бобров А.К. Геология Предбайкальского краевого прогиба. Строение и перспективы нефтегазоносности. М.: Наука, 1964. 228 с.
29. Бурова И.А. Карбонатные коллекторы вендско-нижнекембрийского нефтегазоносного комплекса Восточной Сибири // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. Т. 5. № 2. С. 1–18.
30. Вальчак В.И., Евграфов А.А., Горюнов Н.А., Бабинцев А.Ф. Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности рифейского комплекса пород юго-западной части Сибирской платформы // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 2. С. 289–298.
31. Валяев Б.М., Дрёмин И.С. Дегазация Земли и природа процессов нефтегазонакопления (изотопно-геохимические и геодинамические аспекты) // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. 2015. № 2. С. 33–49.

32. *Валяев Б.М., Тутков Г.А., Чудецкий М.Ю.* О генезисе изотопно легкого ($\delta^{13}\text{C}$, δD) метана нефтегазовых месторождений // Дегазация Земли и генезис углеводородных флюидов и месторождений. М.: Геос, 2002. С. 108–134.
33. *Варлаков А.С.* Петрология процессов серпентинизации гипербазитов складчатых областей. Свердловск: Наука, 1986. 224 с.
34. *Вартанян Г.С., Юсупова И.Ф.* Формирование вертикальных путей миграции в ходе очагового нефтегазообразования // Материалы VI-й международной конференции. М.: Геос, 2001. Т. 1. С. 40–45.
35. *Вахромеев Г. С., Давыденко А. Ю.* Моделирование в разведочной геофизике, М.: Недра, 1978. 192 с.
36. *Вахромеев А.Г., Поспеев А.В.* Состояние и перспективы развития ресурсной базы углеводородов на территории Иркутской области // Материалы 2-й научно-практич. конфер. «Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири». Н: СНИИГГиМС, 2015. Т. 2. С.28–30.
37. *Войтов Г. И., Паршикова Н. Г., Рудаков В.П.* Некоторые следствия проблемы образования метана Земли // Материалы VI-й международной конференции «Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа». М.: Геос, 2001, Т. 1. С. 101–105.
38. *Воробьев В.Н., Моисеев С.А., Ситников В.С.* Месторождения нефти и газа центральной части Непско-Ботуобинской антеклизы // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2007. № 7. С.5–17.
39. *Вотяков Р.В.* Прогноз нефтегазоперспективных зон на основе комплексного спектрально-скоростного анализа (на примере северо-восточной части Предпатомского прогиба). Автореф. канд. дис.: М: ФГУП ВНИГНИ, 2014, 26 с.
40. *Габриэлянц Г.А.* Геология нефтяных и газовых месторождений. М.:Недра, 1979. 328 с.

41. *Гаврилов В.П.* Возможные механизмы естественного восполнения запасов на нефтяных и газовых месторождениях // Геология нефти и газа. 2008. № 1. С.57–65.
42. Геология и нефтегазоносность Восточной Сибири. Н: СНИИГГиМС, 1978. 153 с.
43. Геология и нефтегазоносность Лено-Тунгусской провинции. М.: Недра, 1977. 205 с.
44. Геология и нефтегазоносность осадочных бассейнов Восточной Сибири. Л.: Недра, 1980. 200 с.
45. Геология и нефтегазоносность Сибирской платформы. // Сборник научных трудов. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1981. Вып. 292. 149 с.
46. Геология и нефтегазоносность юга Восточной Сибири // Труды ВостСибНИИГГиМС. М.:Наука, 1969. 352 с.
47. Геология нефти и газа Сибирской платформы. М.: Недра, 1981, 552 с.
48. Геология Сибирской платформы. М.: Недра, 1966. 447 с.
49. Гладкочуб Д.Б., Донская Т.В., Мазукабзов А.М. и др Комплексы-индикаторы процессов растяжения на юге Сибирского кратона в докембрии // Геология и геофизика. 2007. № 1. С.22–41.
50. Глубинное строение территории СССР. М.: Наука, 1991, 224 с.
51. Голярчук Н.А. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ №2004611486. 2004. 1 с.
52. Горбачев Ф.В. Новая глобальная тектоника и нефтегазоносность осадочных бассейнов. М.: Недра, 1983. 272 с.
53. Горная энциклопедия. М.: Сов. Энцикл., 1985. Т.2. 575 с.
54. *Горништейн Д.К., Мокшанцев К.Б., Петров А.Ф.* Разломы восточной части Сибирской платформы // Разломная тектоника территории Якутской АССР. 1976. С. 10–63.

55. *Горюнов Н.А., Четвергов А.П.* Геологич. отчет: «Обоснование новых направлений развития минерально-сырьевой базы Восточной Сибири на основе создания опорного геофизического профиля 1-СБ (II этап) по маршруту «р. Уникиткан – р. Нижняя Тунгуска – г. Витим» протяженностью 600 пог. Км в пределах Иркутской области и Республики Саха (Якутия)». 2006. 216 с.

56. *Граусман А.А.* О природе давлений во флюидалных системах осадочных бассейнов // Геология нефти и газа. 1999. № 1. С.1–11.

57. *Гурова Т.И., Чернова Л.С.* Литология и условия формирования резервуаров нефти и газа Сибирской платформы. М.:Недра, 1988. 251 с.

58. *Детков В.А., Вальган В.И., Горюнов Н.А., Евграфов А.А.* Особенности строения земной коры и верхней мантии юга Сибирской платформы в сечении опорных маршрутов Батолит и Алтай-Северная Земля: Модели Земной коры и Верхней мантии // Мат-лы научно-практического семинара. СПб: ВСЕГЕИ, 2007. С. 26–31.

59. *Драгунов А.А., Хамидуллина А.С.* Зоны флюидоперетоков и флюидонакопления // Доклады международной конференции «Новые идеи в науках о Земле». М.: МГРУ, 2003. Т. 1. С. 209–211.

60. *Дробот Д.И., Золотов А.Н., Конторович А.Э.* Геохимические критерии оценки нефтегазоносности докембрийских и кембрийских отложений юга Сибирской платформы. М.: Недра, 1974. 156 с.

61. *Ефимов А.С, Герт А.А., Соболев М.Ю. и др.* Основные результаты (2005–2011 гг.) и актуальные задачи изучения и освоения ресурсов углеводородного сырья Восточной Сибири // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2011. № 4 (8). С. 3–13.

62. *Жданов М.С.* Электроразведка. М.: Недра. 1986. 316 с.

63. *Забалуев В.В.* Геологическое строение центральной части Вилуйской синеклизы // Труды ВНИГРИ «Геология и геохимия». Вып 3 (IX). С. 157–170.

64. *Иванников В.И., Кузнецов Ю. И.* Нефть: история, происхождение, закономерности размещения // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд. АИС, 2011. Вып. 9 (198). С. 114–146.
65. *Карагодин Ю.Н.* Седиментационная цикличность. М.: Недра, 1980. 242 с.
66. *Конторович А.А., Беляев С.Ю., Конторович А.Э.* Критерии классификации платформенных структур // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2004. №1. С. 47–59.
67. *Конторович А.Э., Беляев С.Ю., Конторович А.А., Красавченков В.О. и др.* Тектоника венд-силурийского структурного яруса осадочного чехла Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции (Сибирская платформа) // Геология и геофизика. 2004. Т.45. №1. С.100–108.
68. *Конторович А.Э., Мельников Н.В., Старосельцев В.С.* Нефтегазоносные провинции и области Сибирской платформы // Геология и нефтегазоносность Сибирской платформы. Н: СНИИГГиМС, 1975. Вып. 222. С. 4–21.
69. *Конторович А.Э., Сурков В.С., Трофимук А.А.* Главные зоны нефтегазонакопления в Лено-Тунгусской провинции // Развитие учения академика И.М. Губкина в нефтяной геологии Сибири. Новосибирск: Наука, 1982. С. 22–42.
70. *Конторович А.Э., Фрадкин Г.С., Коржубаев Г.С. и др.* Плацдарм для броска на Восток // Нефть России. 2002. № 12. С. 36–39.
71. *Корчагин В. И.* Закономерности взаимного расположения крупнейших скоплений нефти и газа в супербассейнах // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 1997. № 5. С. 38–49.
72. *Кошляк В.А.* Гранитоидные коллекторы нефти и газа. Уфа: Тау, 2002. 256 с.
73. *Кузьмин И.В. и др.* Отчет о результатах СРР МОГТ на Чонской площади (Чонская с/п 2/80-81). Якутск. ТГФ. 1980.

74. *Кукуруза В. Д.* Новые представления о механизме формирования гигантских месторождений // Мат. докладов международной конференции «Новые идеи в науках о Земле». М.: МГРУ, 2003. Т.1. С. 209–212.

75. *Кушмар И.А.* Создание сейсмической основы для локализации нефтегазоперспективных объектов в карбонатных отложениях венда-нижнего кембрия восточных районов Сибирской платформы (Предпатомская и северо-восточная часть Непско-Ботуобинской НГО). ВНИГРИ. 2008.

76. *Ларионова Т.И.* Перспективы аллохтона Нюйско-Джербинской впадины на нефть и газ (Сибирская платформа) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2014. Т. 9. С. 1-10.

77. *Ларкин В.Н., Вальчак В.И.* Прогнозирование новых зон нефтегазонакопления на юго-западе Восточной Сибири // Геология нефти и газа. 2007. № 1. С. 24–31.

78. *Мандельбаум М.М., Хохлов Г.А., Кондратьев В.А., Мазур В.Б.* Методика и технология открытия крупных и уникальных месторождений нефти и газа на юге Сибирской платформы // Разведка и охрана недр. 2005. № 2. С.29–39.

79. *Марсанова М.Р.* Геолого-геофизические модели глубинного строения и нефтегазоносности зоны сочленения Непско-Пеледуйского свода и Байкало-Патомского складчатого пояса в Патомском секторе // Мат. межд. научно-практич. конф. «Ломоносов-2017». С.1. А.

80. *Марсанова М.Р.* Исследование сейсмических отражений на разрезе мгновенных амплитуд по профилю «Батолит-1» в Непско-Пеледуйском своде // Вестник СВФУ. 2017. № 3 (07). С. 22–29. Б.

81. *Марсанова М.Р., Берзин А.Г.* Кристаллический фундамент или пластину вскрывают скважины на Талаканском месторождении. Новые аргументы // Мат. VIII

Всерос. науч-прак. конф. «Геология и мин.-сырьевые ресурсы сев-вост России». Якутск: Изд. дом СВФУ, 2018. Т. 2. С.115–120.

82. *Марсанова М.Р., Берзин А.Г.* Подфундаментные отражения на сейсмическом разрезе мгновенных амплитуд по профилю «Батолит-1» в Центральной части Непско-пеледуйского свода // Мат. VII Всерос. Науч-прак. Конф. Том II «Геология и мин.-сырьевые ресурсы сев-вост России». Якутск: Изд. дом СВФУ, 2017. Т. 2. С. 454–459.

83. *Марсанова М.Р., Берзин А.Г.* Предпосылки открытия крупного нефтегазоносного бассейна на юго-западе Якутии // Мат. Всерос. науч-прак. конф. «Эрэл-2016». 2016. С. 227–230.

84. *Матвеев В.Д. и др.* Геолого-геофизическое обоснование крупных ловушек нефти и газа неантиклинального типа на территории Западной Якутии. Якутск. ННГК «Саханефтегаз». 1989. 131 с.

85. *Математические методы анализа цикличности в геологии.* М.: Наука, 1984. 75 с.

86. *Мельник А.И. и др.* Отчет о результатах сейсморазведочных работ МОГТ на Талаканской площади за 1987-1988 гг. (Талаканская с/п 3/87-88). Якутск. ТГФ. 1988.

87. *Мельник А.И.* Отчет о результатах сейсморазведочных работ МОГТ на Талаканской и Алинской площадях за 1993-1994 гг. (Талаканская с/п 01/93-94 и Алинская с/п 05/93-94). Якутск, ТГФ, 1995.

88. *Мельников Н.В.* Корреляция подсолевых нефтегазоносных отложений юга Сибирской платформы // Геология и геофизика. № 3.1982. С. 29–41.

89. *Мельников Н.В.* Прогноз коллекторов в палеозойских отложениях Сибирской платформы // Геология и нефтегазоносность Лено-Тунгусской провинции. М.: Недра, 1977. С. 146–150.

90. *Мельников Н.В., Килина Л.И.* Литология и условия формирования вендских и кембрийских отложений в южной половине Ленно-Тунгусской нефтегазоносной

провинции// Литология и геохимия нефтегазоносных толщ Сибирской платформы. М.: Наука, 1981. С. 51–56.

91. Мельников Н.В., Воробьев В.П., Ефимов А.О. Внедрение интрузий долеритов // Геология и нефтегазоносность Лено-Тунгусской провинции. М.: Недра, 1977. С. 103–108.

92. Мельников Н.В., Шемин Г.Г., Заболотников А.А. Тектонический план района Ярактинского и Аянского месторождений в мотское время (Приленский район) // Тектонические критерии нефтегазоносности платформенных областей Сибири. Н.: СНИИГГиМС, 1977. С. 31–77.

93. Мельников Н.В., Шемин Г.Г., Осташевский Б.Б. Цикличность кембрийских отложений Приленского района Непско-Ботуобинской антеклизы // Геология и геофизика. 1978. С.9–14.

94. Мельников Н.В., Шемин Г.Г., Ефремов А.О., Сафронова И.Г. Циклостратиграфия венда и нижнего кембрия юга Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1981. № 2. С.32–47.

95. Мигурский А.В. Динамическое воздействие траппового магматизма на нефтегазоносность Непско-Ботуобинской антеклизы // Тектонические критерии прогноза нефтегазоносности Сибирской платформы: Сборник научных трудов. Новосибирск. СНИИГГиМС. 1986. 102 с.

96. Мигурский А.В., Старосельцев В.С. Особенности строения зоны сочленения Сибирской платформы с Байкало-Патомской складчатой областью // Результаты региональных геолого-геофизических исследований Сибири: Сборник научных трудов. Новосибирск. СНИИГГиМС. 1989. С. 49–56.

97. Мигурский А.В. Масштабные латеральные перемещения пород и флюидов на Сибирской платформе // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири: Сборник научных трудов. Новосибирск. СНИИГГиМС. 2010. № 1. С. 53–57.

98. *Мигурский А.В.* Трапповый магматизм и непские дислокации // Тектоника нефтегазоносных отложений Сибири: Сборник научных трудов. Новосибирск. СНИИГГиМС. 1983, С. 97–103.
99. *Мигурский А.В., Ефимов А.С., Старосельцев В.С.* Новые направления нефтегазопоисковых работ в Предпатомском региональном прогибе (Сибирская платформа) // Геология нефти и газа. 2012. № 1. С. 19–27.
100. *Мигурский А.В., Старосельцев В.С.* О надвигах на севере Байкало – Патомского нагорья в связи с нефтегазоносностью // Тезисы докладов научно-практической конференции «Проблемы методики поиска, разведки и освоения нефтяных и газовых месторождений Якутской АССР». Ч. 1. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1983. С. 33–35.
101. *Мигурский А.В.* Особенности строения зоны сочленения Сибирской платформы с Байкало-Патомской складчатой областью // Результаты региональных геолого-геофизических исследований Сибири. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989. С. 49–56.
102. *Мигурский А.В.* Геодинамическое развитие Патомско-Вилуйского авлакогена // Материалы Второго международного симпозиума с международным участием и молодежной научной школы, посвященных памяти академиков Н.А. Логачева и Е.Е. Милановского «Континентальный рифтогенез, сопутствующие процессы». Т. 1. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2013. С.219–223.
103. *Мигурский А.В.* Микрограбены: распространенность, парагенез с центрами нефтегазонакопления // Геология нефти и газа. 2014. № 3. С. 39–46.
104. *Мигурский А.В., Старосельцев В.С.* Шарьяжное строение зоны сочленения Сибирской платформы с Байкало-Патомском нагорьем // Сов. геология. 1989. № 7. С. 9–15.

105. *Микуленко К.И.* Тектоника осадочного чехла краевых депрессий Сибирской платформы (в связи с нефтегазоносностью) //Тр. ИГиГ СО АН СССР. Новосибирск: Наука, 1983. Вып. 532. С.89–104.
106. *Микуленко К.И., Ситников В.С., Тимиршин К.В., Булгакова М.Д.* Эволюция структуры и условий нефтегазообразования осадочных бассейнов Якутии. Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1995. 168 с.
107. *Милановский Е.Е.* Рифтогенез в истории Земли (рифтогенез на древних платформах). М.: Недра, 1983. 280 с.
108. *Милосердова Л.В., Шпильман Е.С.* Разломно-блоковое строение и новейшие тектонические движения на территории Непского свода по данным геологического дешифрирования космических изображений и цифровой модели рельефа // Труды российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина. 2011. №2.С.12–20.
109. *Нугманов А.Х.* Современные взгляды на происхождение нефти и газа и образование их меторождений // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2016. №10. С. 51–59.
110. Отчет о результатах работ по теме: «Сбор, систематизация и организация хранения керна по месторождениям нефти и газа Республики Саха (Якутия)», 2004.
111. Отчет о результатах выполненных работ по теме: «Переобработка и переинтерпретация геофизических материалов по Непско-Ботуобинской НГО и Восточно-Алданской ПНГО с целью уточнения геологической модели и оценки углеводородного потенциала», 2013.
112. *Петров А. В.* Комплекс спектрально-корреляционного анализа данных «Коскад-3Д» версия 2004. М: МГГУ, 2004.
113. *Петров А.В., Юдин Д.Б., Хоу Сюели* Обработка и интерпретация геофизических данных методами вероятно-статистического подхода с использованием

компьютерной технологии «КОСКАД 3D» // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2010. №2. Вып. 16. С. 126–132.

114. Подсчет запасов газа, конденсата и нефти Чаяндинского месторождения. ОАО Национальная нефтегазовая компания «Саханефтегаз». Якутск, 2000.

115. *Резанов И.А.* Эволюция представлений о земной коре. М.:Наука, 2002. 297 с.

116. Решения четвертого Межведомственного стратиграфического совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989. 64 с.

117. *Романовский С.И.* Физическая седиментология. Л.: Недра, 1988. 240 с.

118. *Рудницкая Д.И., Старосельцев В.С.* Построение сейсмогеологических моделей земной коры по данным глубинной сейсморазведки МОГТ с применением системы РЕАПАК-РД // Мат. Международного научно-практического семинара «Модели земной коры и верхней мантии». ВСЕГЕИ, 2007. С. 15–20.

119. *Русский В.И.* Геология нефти и газа: Учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. 183 с.

120. *Рябкова Л.В.* Закономерности строения резервуаров нефти и газа в связи с оценкой перспектив Ньюйско-Джербинской впадины (Сибирская платформа). Дисс. канд.геол. минерал.наук. Новосибирск, 2002. 112 с.

121. Сейсмические модели литосферы основных геоструктур территории СССР. М.: Наука, 1980. 180 с.

122. *Сереженков В.Г., Ситников В.С., Аржаков Н.А., Микуленко К.И., Тимиришин К.В.* Надвиговая тектоника и нефтегазоносность Предпатомского прогиба // Геология нефти и газа. 1996. № 9. С. 4–10.

123. *Скоробогатов В.А.* Общее и особенное в формировании газовых и нефтяных месторождений-гигантов // Вести газовой науки: Научно-технический сборник. Москва. ВНИИГАЗ, 2012. № 1 (9). С. 5–16.

124. *Сметанин А.В.* Предбайкало-Патомский надвиговой пояс // Геология нефти и газа. 2000. № 1. С. 14–20.
125. *Сидоров В.А., Багдасарова М.В., Атанасян С.В. и др.* Современная геодинамика и нефтегазоносность. М.: Наука, 1989, 200 с.
126. *Соколов Б.А.* «Подфундаментная» нефть / В кн. Геодинамика и нефтегазоносность осадочных бассейнов СССР. М.: ВНИГНИ, 1994. С. 213–222.
127. *Соколов Б.А.* Новые идеи в геологии нефти и газа (избранные труды): Сборник научных трудов. Москва. МГУ, 2001. С. 233–310.
128. *Соколов Б.А.* Эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов. М.: Наука. 1980. 288 с.
129. *Старосельцев В.С.* Проблема выделения рифтогенных прогибов – перспективных тектонических элементов активного нефтегазообразования // Геология и геофизика. 2009. Т. 50. № 4. С. 475–483.
130. *Старосельцев В.С.* Карта нефтегазоносности Сибирской платформы по состоянию на 01.01.2009 г. МПФ РФ Роснедра, ФГУП «СНИГГиМС», 2012.
131. *Степанов А.В.* Обработка сейсмических данных: учеб.-метод. пособие к курсам повышения квалификации. Казань: Казанский университет, 2013. 24 с.
132. *Стратиграфия позднего докембрия и кембрия.* М.: изд. АН СССР, 1960. 207 с.
133. *Ступакова А. В.* Развитие бассейнов Баренцевоморского шельфа и их нефтегазоносность. Авт. диссертации на соискание док.г мин. наук. М.: МГУ, 2001. 309 с.
134. *Судакова В.В., Иванчик А.В., Куницына И.В.* Геологическое строение Предпатомского прогиба // Геология и геолого-разведочные работы. 2011. № 4. С. 46–47.
135. *Сурков В.С., Кузнецов В.Л., Лотышев В.И.* Глубинное строение земной коры нефтегазоносных провинций Сибири // Разведка и охрана недр. 2003. № 11. С. 6–8.

136. *Теркот Д., Шуберт Дж.* Геодинамика. Геологические приложения физики сплошных сред. Т. 1. М.: Мир, 1985. 376 с.
137. *Фролов Б.М., Ефимов М.И., Белозерова Н.Н., Иванова Л.К.* Основные черты тектоники осадочного чехла южной части Сибирской платформы: Сборник научных трудов. Ленинград. ВНИГРИ, 1976. Вып. 360. 112 с.
138. *Хмелевской В. К., Горбачев Ю. И., Калинин А. В., Селиверстов Н. И., Шевнин В. А.* Геофизические методы исследований. Петропавловск-Камчатский: Изд-во КПКГУ, 2004. 184 с.
139. *Шевченко И.В.* Дегазация Земли, простейшие формы жизни и углеводороды // Экспозиция нефть газ. 2017. № 7.С.12-17.
140. *Шемин В.С.* Геология и нефтегазоносность России. М.: Изд-во ВНИГНИ, 2006. 776 с.
141. *Шемин Г.Г.* Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская, Байкитская антеклизы, Катангская седловина) Новосибирск: Издательство СО РАН, 2007. 467 с.
142. *Шемин Г.Г.* Корреляция нефтегазоносных и проницаемых пластов подсолевых вендско-нижнекембрийских отложений центральных районов ЛеноТунгусской провинции // Региональная стратиграфия нефтегазоносных провинций Сибири: Сборник научных трудов. . Новосибирск. СНИИГГиМС. 1985. С. 127–137.
143. *Шемин Г.Г.* Модели строения и количественная оценка перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров нефти и газа Предпатомского регионального прогиба (Сибирская платформа). Новосибирск: Издательство СО РАН, 2017. 315 с.
144. *Шемин Г.Г., Мигурский А.В., Смирнов М.Ю., Вахромеев А.Г., Поспеев А.В.* Комплексная характеристика и количественная оценка перспектив нефтегазоносности региональных резервуаров нефти и газа верхневендско-нижнекембрийского аллохтонного

карбонатного макрокомплекса Предпатомского регионального прогиба (Сибирская платформа) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. № 1 (33), 2018. С. 33–55.

145. Перспективы нефтегазоносности региональных резервуаров нефти и газа Предпатомского регионального прогиба (Сибирская платформа). [Г.Г. Шемин и др.]. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018, 315 с.

146. *Boyer S., Elliot D.* Thrust systems // AAPG bull. 1982. Vol. 66. № 9. P. 1196–1230.

147. *DAI JinXing, ZOU CaiNeng, ZHANG ShuiChang et. al.* Discrimination of abiogenic and biogenic alkane gases // Sci. China, Ser. D/Earth Sci. 2008. Vol. 51. № 12. P. 1737–1749.

148. *Fairhead J.D., Stuart G.W.* The seismicity of the East African rift system comparison with other continental rifts // Continental and oceanic rifts.-Washington and Boulder, 1982. P. 41–62.

149. Geoffrey P. GLASBY Abiogenic Origin of Hydrocarbons: An Historical Overview // Resource geology. 2006. Vol.56. № 1. P. 85–98.

150. *Jenden P.D., Hilton D.R., Kaplan J.R., Craig H.* Abiogenic hydrocarbons and mantle helium in oil and gas fields. The future of energy gases // U.S. Geological survey professional paper. 1993. Vol. 1570. P. 31–56.

151. *Marsanova M.R, Berzin A.G, Sitnikov V.S Berzin S.A* Validation of some elements of the new model of the Nepa-Peleduy arch subsurface structure of the Nepa-Botuoba antecline in the east of the Siberian platform // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019. P. 1–6.

152. *Marsanova M.R., Berzin A.G.* The deep structure of the Nepa-Peleduy arch of the Nepa-Botuoba antecline in the development of B.A. Sokolov's hypothesis // Geodynamics&Tectonophysics. 2019. V. 10, №. 4.P 959–969.

153. *Morgan P.* Heat flow in rift zones // Continental and Oceanic rifts. Washington and Boulder, 1982. P. 107–122.
154. *Ramsay J.G., Huber M.J.* The techniques of modern structural geology.- London : Academic Press Incorp. 1987. Vol. 1, Vol. 2. P. 700.
155. *Ray M.C., Hilton D.R., Munoz J. et al.* The effects of volatile recycling, degassing and crustal contamination on the helium and carbon geochemistry of hydrothermal fluids from the Southern Volcanic Zone of Chile // Chemical Geology. 2009. Vol. 266. P. 38–49.
156. *Valyaev B., Dremine I.* Recycling of crustal matter and the processes of mantle/crust interaction in the genesis of hydrocarbon fluids // International Conference on Gas Geochemistry 2013, Patras, Greece, 1-7 September 2013, Book of abstracts. P. 32.
157. *Valyaev B., Dremine I.* Recycling of crustal matter and the processes of mantle/crust interaction in the genesis of hydrocarbon fluids // International Conference on Gas Geochemistry 2013, Patras, Greece, 1-7 September 2013, Book of abstracts. P. 32.