

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет»

На правах рукописи

Большакова Наталия Владимировна



ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ СЕВЕРНОГО ФЛАНГА ОХОТСКОЙ
НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСНЫХ
ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Специальность 1.6.9. Геофизика

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:
доктор геолого-минералогических наук, доцент
Егоров А.С.

Санкт-Петербург – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ ОХОТОМОРСКОГО РЕГИОНА.....	10
1.1. Изученность и особенности проявления в потенциальных полях основных тектонических структур региона	10
1.2. Изученность и особенности строения земной коры по данным сейсмических исследований и результатам бурения.....	14
1.3. Основные представления о тектоническом и нефтегазогеологическом строении региона...	18
1.4. Выводы по Главе 1	24
ГЛАВА 2 ФАКТОЛОГИЧЕСКАЯ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	25
2.1. Фактологическая основа исследований	25
2.2. Разработка методической схемы комплексного анализа данных	28
2.3. Методика обработки и комплексной интерпретации данных	30
2.3.1. Методика обработки геофизических полей в латеральном измерении	31
2.3.2. Методика обработки геофизических полей вдоль опорных сечений	38
2.4. Выводы по Главе 2	44
ГЛАВА 3 РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ ОХОТОМОРСКОГО РЕГИОНА И СТРУКТУР ЕГО СКЛАДЧАТОГО ОБРАМЛЕНИЯ. 46	46
3.1. Разработка зонально-блоковой модели строения региона	46
3.2. Особенности глубинного строения структур фундамента и осадочного чехла в сечении сводного разреза по линии А-Б.....	62
3.3. Основные характеристики осадочных бассейнов Дальневосточного региона и особенности локализации депрессий северного фланга Охотской НГП.....	65
3.4. Выводы по Главе 3	69
ГЛАВА 4 ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СТРУКТУР ФУНДАМЕНТА И ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА СЕВЕРНОГО ФЛАНГА ОХОТСКОЙ НГП.....	71
4.1. Обоснование выбора объекта площадных исследований	71
4.2. Структура земной коры северного фланга Охотской НГП.....	74
4.2.1. Моделирование латерального распределения структурно-вещественных неоднородностей земной коры по данным комплексных геолого-геофизических исследований	74
4.2.2. Морфология структур осадочного чехла по данным детальным сейсмических исследований.	78

4.2.3. Моделирование вертикального распределения структурно-вещественных неоднородностей земной коры в сечении опорных профилей.....	83
4.3. Структурные предпосылки выделения зон возможного нефтегазонакопления.....	91
4.4. Выводы по Главе 4.....	93
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	94
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	96
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	97
СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА.....	109
ПРИЛОЖЕНИЕ А Акт об использовании результатов кандидатской диссертации.....	112
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Свидетельство о государственной регистрации базы данных.....	114

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Особенностью Дальневосточного региона, отличающей его от прочих нефтегазоносных регионов России, является то, что его значительный ресурсный углеводородный потенциал рассредоточен по отдельным осадочным бассейнам. Этим же обстоятельством определяется чрезвычайное разнообразие геологического строения и условий нефтегазоносности в конкретных осадочных бассейнах. Они существенно отличаются как величиной ресурсного потенциала, так и степенью его разведанности.

Начиная с 1955 г. в регионе выполнен широкий комплекс региональных и среднемасштабных геофизических исследований. В период с 2010 по 2022 гг. основной объем геолого-разведочных работ был сосредоточен в пределах лицензионных участков шельфа Охотского моря. Таким образом, можно предполагать, что региональный этап исследований Охотоморского региона близится к завершению. Однако многие вопросы геологического строения и особенностей его тектонической эволюции остаются открытыми.

Для оправданного перехода от регионального к поисково-оценочному этапу исследования региона требуется провести обобщение и комплексный анализ всего накопленного за многие десятилетия обширного и разнообразного материала по геологии, тектонике и нефтегазоносности региона. Разработка унифицированной геолого-структурной основы, отражающей особенности геологического строения, геодинамических обстановок формирования земной коры и тектонического развития структур фундамента и осадочного чехла позволит обеспечить научный прогноз перспектив нефтегазоносности на региональном и зональном уровнях.

Степень разработанности темы исследования

Значительный вклад в изучение глубинного строения земной коры Охотоморского региона внесли работы, выполненные Институтом физики Земли РАН совместно с Институтом морской геологии и геофизики ДВО РАН в 50-х–70-х годах прошлого века. На современном этапе исследований большое значение имеют результаты геолого-геофизических съемок ФГУНПП «Севморгео», ОАО «Дальморнефтегеофизика», Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Тихоокеанского геологического института ДВО РАН, а также тематические исследования, проведенные ФГБУ «ВСЕГЕИ», ФГБУ «ВНИИОкеангеология» и ФГУП «ВНИГРИ».

Изучению глубинного строения земной коры Охотоморского региона посвящены работы Н.А. Богданова, В.Д. Чеховича, М.Н. Шапиро, А.Л. Пискарева-Васильева, В.А. Поселова, Т.С. Сакулиной, Н.И. Павленковой, С.Н. Кашубина. Вопросы нефтегазоносности региона

освещены в работах Л.С. Маргулиса, В.В. Харахинова, Ю.Н. Григоренко, Т.А. Андиевой, Е.В. Грецкой и других авторов.

Весь накопленный за многие десятилетия геолого-геофизический материал по территориям Дальнего Востока и сопредельному шельфу, а также данные, полученные в результате разведки и разработки месторождений углеводородов, достаточно полно освещают основные факторы нефтегазоносности региона. Но в тоже время, эти материалы в существенной мере разрознены и противоречивы, что требует их обобщения и тщательного анализа. На стадии завершения региональных исследований необходимо выполнить анализ всего комплекса геологоразведочных работ на нефть и газ и на этой основе провести дифференцированную оценку неразведанной части углеводородной сырьевой базы региона с выделением наиболее перспективных направлений дальнейших поисково-разведочных работ.

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности по пунктам:

п. 16 «Методы обработки и интерпретации результатов измерений геофизических полей, в том числе применительно к геофизической разведке»;

п. 18 «Использование геолого-геофизических данных для построения цифровых геологических, гидродинамических, геомеханических, геодинамических и иных моделей геологической среды и месторождений»;

п. 20 «Интегрированный анализ больших объёмов многомерной, многопараметровой и разнородной информации, включающей геофизические данные».

Цель работы – повышение достоверности научного прогноза перспектив нефтегазоносности северного фланга Охотской нефтегазоносной провинции (НГП) на региональном и зональном уровнях.

Идея работы – повышение достоверности научного прогноза перспектив нефтегазоносности северного фланга Охотской НГП возможно на основе выявленных тектонических особенностей строения и закономерностей формирования структур фундамента и осадочного чехла исследуемого региона.

Объект исследования – нефтегазоперспективные структуры северного фланга Охотской НГП с характерными особенностями строения земной коры, которые обуславливают развитие осадочных бассейнов в геологическом прошлом.

Предмет исследования – структурно-тектонические критерии выделения нефтегазоперспективных объектов северного фланга Охотской НГП.

Задачи исследования

Поставленная в диссертационной работе цель достигается посредством решения следующих задач:

1. Разработка оптимальной методической схемы сбора, систематизации, обработки и комплексной интерпретации геолого-геофизических данных, обеспечивающей построения геотектонических моделей северного фланга Охотской НГП.

2. Разработка зонально-блоковой модели строения земной коры северного фланга Охотской НГП с обоснованием положения блоков (областей стационарности всего набора геофизических параметров геологической среды, как в латеральном, так и в радиальном измерении) и межблоковых сутурных и сдвиговых зон, проявляющихся по контрастной смене инфраструктуры геофизического поля.

3. Уточнение глубинного строения Охотско-Чукотской аккреционно-коллизонной активноокраинной складчатой области и регионального Охотско-Чукотского сдвига, обусловивших формирование осадочных бассейнов северного фланга Охотской НГП.

4. Выявление геолого-структурных особенностей и закономерностей распределения оперяющих Охотско-Чукотский сдвиг структур растяжения, сжатия и сдвига, с которыми связываются перспективы нефтегазоносности.

Научная новизна

1. По результатам комплексной обработки потенциальных полей и сейсморазведки установлены параметры глубинного строения Охотско-Чукотской аккреционно-коллизонной активноокраинной складчатой области.

2. Обоснована роль Охотско-Чукотской сдвиговой зоны в формировании, морфологии и особенностях пространственного распределения горстовых и грабеновых структур осадочного чехла, контролирующей зоны возможного нефтегазонакопления северного фланга Охотской НГП

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Разработана методическая схема сбора, систематизации, обработки, методной и комплексной интерпретации геолого-геофизических данных, обеспечивающая геотектонические построения в латеральном и вертикальном измерениях.

2. Разработана геолого-структурная схема Охотоморского региона, отражающая особенности глубинного строения структур фундамента и осадочного чехла, которая рассматривается в качестве основы для создания карт тектонического и нефтегазогеологического районирования, а также выполнения формализованного прогноза на региональном и зональном уровнях.

3. Обоснована роль Охотско-Чукотской сдвиговой зоны в формировании и особенностях пространственного распределения горстовых и грабеновых структур осадочного чехла северной части Охотоморского региона, установлена взаимосвязь морфологии потенциально

нефтегазоносных структур нижнекайнозойского комплекса со структурами консолидированного фундамента.

4. Результаты диссертации использованы АО «ВНИГРИ-Геологоразведка» при выполнении тектонического и нефтегазогеологического районирования территорий и акваторий Дальневосточного региона в рамках Договора «Уточнение количественной оценки ресурсов нефти, газа и конденсата шельфа Балтийского, Японского, Охотского морей и шельфа Тихого океана по состоянию изученности на 01.01.2017 г.» (акт № 183 от 24.05.2022 г., приложение А).

Методология и методы исследований

Моделирование латерального распределения структурно-вещественных подразделений земной коры проводилось на основе интерпретации данных грави- и магниторазведки, рассчитанных трансформант и с использованием априорной геолого-геофизической информации. Обработка потенциальных полей проводилась в программных комплексах Surfer 13.0, COSCAD-3D, Oasis Montaj. По результатам факторного анализа применены алгоритмы распознавания образов с обучением. Интерпретация данных проходила в программах Surfer 13.0, ArcGIS 10.0 и CorelDraw 18.0 по принципу «светового стола» с обеспечением пространственной привязки всей полученной в ходе исследования геолого-геофизической информации.

В основу изучения вертикального распределения неоднородностей и тектонических дислокаций в разрезе земной коры положены результаты решения обратных задач грави- и магниторазведки, выполненные различными алгоритмами (по Б.А. Андрееву и И.И. Приезжеву в программе COSCAD-3D; томография потенциальных полей по М.Б. Штокаленко и А.И. Атакову; инверсия данных потенциальных полей в ИС «Балтика» по Ю.П.), а также сейсмические разрезы, пересчитанные в показатели рефлексивности. На основе всей совокупности полученных данных в программе Oasis Montaj было выполнено петроплотностное и петромагнитное моделирование разрезов вдоль выбранных сечений.

Положения, выносимые на защиту

1. Разработанная методика систематизации, обработки, методной и комплексной геологической интерпретации геофизических съемок обеспечивает достоверность геотектонических построений и моделирование структурно-вещественных неоднородностей земной коры северного фланга Охотской НГП в латеральном и вертикальном измерениях.

2. На основе разработанного комплексного подхода к анализу геолого-геофизических данных установлено, что осадочные бассейны северного фланга Охотской НГП, заложение которых связывается с проявлением киммерийских и альпийских коллизионно-аккреционных и активнокраинных процессов, развиваются в режиме левостороннего сдвига с рифтогенным растяжением в пределах сутурной зоны и складчато-надвигового пояса Охотско-Чукотской складчатой области.

3. Морфология нижнекайнозойского комплекса осадочного чехла Шантарской и Северо-Охотской ПНГО, Гижигинского и Шелиховского ПНГР определяется закономерностями пространственного расположения Охотско-Чукотской сдвиговой зоны и оперяющих ее структур растяжения, сжатия и сдвига, с характерными особенностями проявления в геофизических полях; к выделенным структурам приурочены зоны возможного нефтегазоаккумуляции северного фланга Охотской НПП.

Степень достоверности результатов исследования

Степень достоверности полученных результатов подтверждается представительностью и надежностью исходных материалов; комплексной интерпретацией значительного объема априорной геологической и геофизической информации с использованием современных программных продуктов обработки и интерпретации геофизических данных; учетом научно-теоретических и практических достижений предшественников.

Апробация результатов

Основные положения и результаты работы докладывались на следующих семинарах и конференциях: 9-ая международная геолого-геофизическая конференция «Санкт-Петербург 2020. Геонауки: трансформируем знания в ресурсы» (г. Санкт-Петербург, ноябрь 2020 г.); IV Международная геолого-геофизическая конференция и выставка "ГеоЕвразия-2021. Геологоразведка в современных реалиях" (г. Москва, март 2021 г.); XXV Международный научный симпозиум им. ак. М.А. Усова студентов и молодых ученых «Проблемы геологии и освоения недр» (г. Томск, апрель 2021 г.); 17-я научно-практическая конференция и выставка «Инженерная и рудная геофизика 2021» (г. Геленджик, апрель 2021 г.); I Международная междисциплинарная научно-практическая конференция «Человек в Арктике» (г. Санкт-Петербург, ноябрь 2021 г.)

Личный вклад автора

Состоит в анализе зарубежной и отечественной научной литературы по теме исследования; разработке методической схемы комплексного анализа геолого-геофизических данных; обработке и интерпретации данных геофизических полей; разработке моделей глубинного строения консолидированной коры и осадочного чехла Охотоморского региона на региональном уровне исследований и северного фланга Охотской НПП на площадном уровне.

Публикации

Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 6 печатных работах, в том числе в 3 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования

Scopus. Получено 1 свидетельство на объект интеллектуальной собственности (свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021620172, приложение Б).

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и библиографического списка. Содержит 114 страниц машинописного текста, 40 рисунков, 1 таблицу, список литературы из 113 наименований.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность и искреннюю признательность за помощь в подготовке диссертации научному руководителю д.г.-м.н., доценту Алексею Сергеевичу Егорову.

За консультации и помощь в работе над диссертацией автор благодарит профессора кафедры геофизики д.т.н. Д.Ф. Калинина, доцента кафедры геофизики к.г.-м.н. Н.П. Сенчину, ведущего научного сотрудника АО «ВНИГРИ» Л.М. Пылину, ведущего геофизика ФГУП «ВСЕГЕИ» К.С. Федорову, преподавателей и сотрудников кафедры геофизики за обсуждение, ценные советы и замечания в процессе работы над диссертацией. Автор благодарит директора ЦГФО ФГУП «ВСЕГЕИ» А.И. Атакова, главного геофизика ФГУП «ВСЕГЕИ» к.г.-м.н. Ю.П. Горячева за оказанную научно-методическую помощь при обработке геофизических данных.

Особую благодарность автор выражает коллективу лаборатории прогноза нефтегазоносности акваторий и территорий Дальнего Востока ФГУП «ВНИГРИ», с которым начинал свою научную деятельность. Отдельно автор выражает благодарность заведующему отделом д.г.-м.н. Л.С. Маргулису и заведующему лабораторией к.г.-м.н. Ю.Н. Новикову за переданные знания и исследовательский опыт.

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СТРОЕНИИ ОХОТОМОРСКОГО РЕГИОНА

1.1. Изученность и особенности проявления в потенциальных полях основных тектонических структур региона

Систематические геофизические исследования Охотоморского региона были начаты в середине 50-х годов прошлого века. Съёмка тогда носила рекогносцировочный характер и проводилась по отдельным профилям.

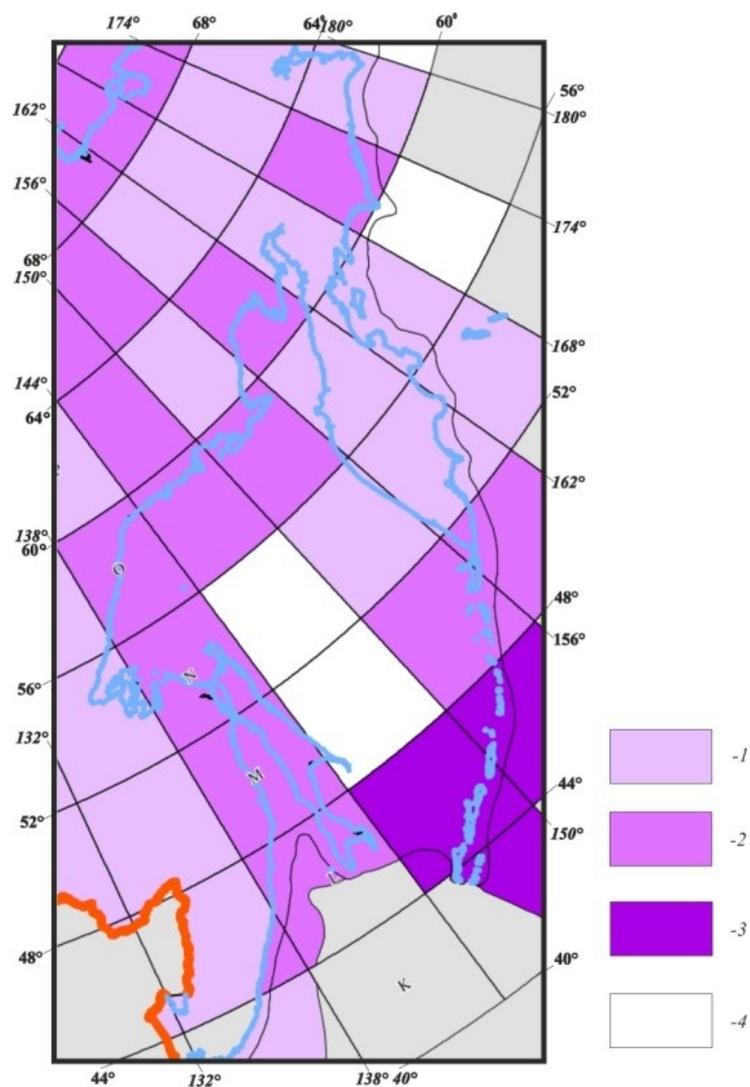
Первые гравиметрические измерения в Охотском море были выполнены в 1955 г. маятниковыми приборами. Позже в 1960 г. были выполнены первые гравиметрические измерения морскими гравиметрами. Изучение аномального магнитного поля региона началось в 1957 г. по программе Международного Геофизического года (1957 – 1959 гг.) по отдельным профилям.

Планомерные гравиметрические и магнитометрические съёмки были начаты в период с 1970 г. по 1974 г. и проводились СахКНИИ ДВНЦ АН СССР и трестом «Дальморнефтегеофизика» на акватории южной части Охотского моря и части Курильской гряды. В 1972 г. Институт Океанологии АН СССР выполнил комплексную геофизическую съёмку магнитного, гравитационного и теплового полей на акватории Охотского моря. Существенный вклад в изучение гравитационного поля Охотского моря внесли спутниковые альтиметрические данные [106], которые по своей точности сопоставимы с морскими съёмками м-ба 1:1 000 000 и 1:500 000.

В последующие годы изученность последовательно возрастала. В результате подавляющая площадь акватории Охотского моря и прилегающей территории была покрыта сетью комплексных геофизических съёмок масштаба 1:500 000 разных лет (от 1961 до 2010 г.). На перспективных в отношении углеводородов участках выполнены гравиметрические наблюдения в масштабах 1:100 000 и 1:200 000. Расстояние между профилями в пределах крупных осадочных бассейнов составляло 5 – 10 км.

Наиболее актуальные на сегодняшний день данные геолого-геофизической изученности региона собраны и обобщены при разработке опережающих геофизических основ Госгеолкарты-1000/3 (рисунок 1).

Сводная модель магнитного поля представлена на «Карте аномального магнитного поля России и прилегающих акваторий» м-ба 1:2 500 000, составленной Т. П. Литвиновой в 2005 г. и актуализированной в 2016 г. во ВСЕГЕИ (рисунок 2а). Аналогичная сводная модель представлена и для гравитационного поля (рисунок 2б).



1-4 – листы ГК-1000/3 обеспеченные ГФО: 1 – с 1998 по 2010 гг.; 2 – с 2011 по 2021 гг.;
3 – в 2022 гг.; 4 – ГФО не составлены.

Рисунок 1 – Схема обеспеченности Охотоморского региона геофизическими основами для
Госгеолкарты-1000 по состоянию на 15.03.2022 г.

Центральной структурой изучаемого региона является Охотоморский мегаблок с корой континентального типа [44, 59, 65]. Аномальное магнитное поле в его пределах в основном характеризуется слабо отрицательными значениями с отдельными положительными аномалиями, достигающими значений до 1000 нТл. Отличительной чертой структуры аномального магнитного поля является линейные аномальные зоны, которые обрамляют Охотоморский мегаблок и протягиваются вдоль побережья материковой части региона и Курильской островной дуги.

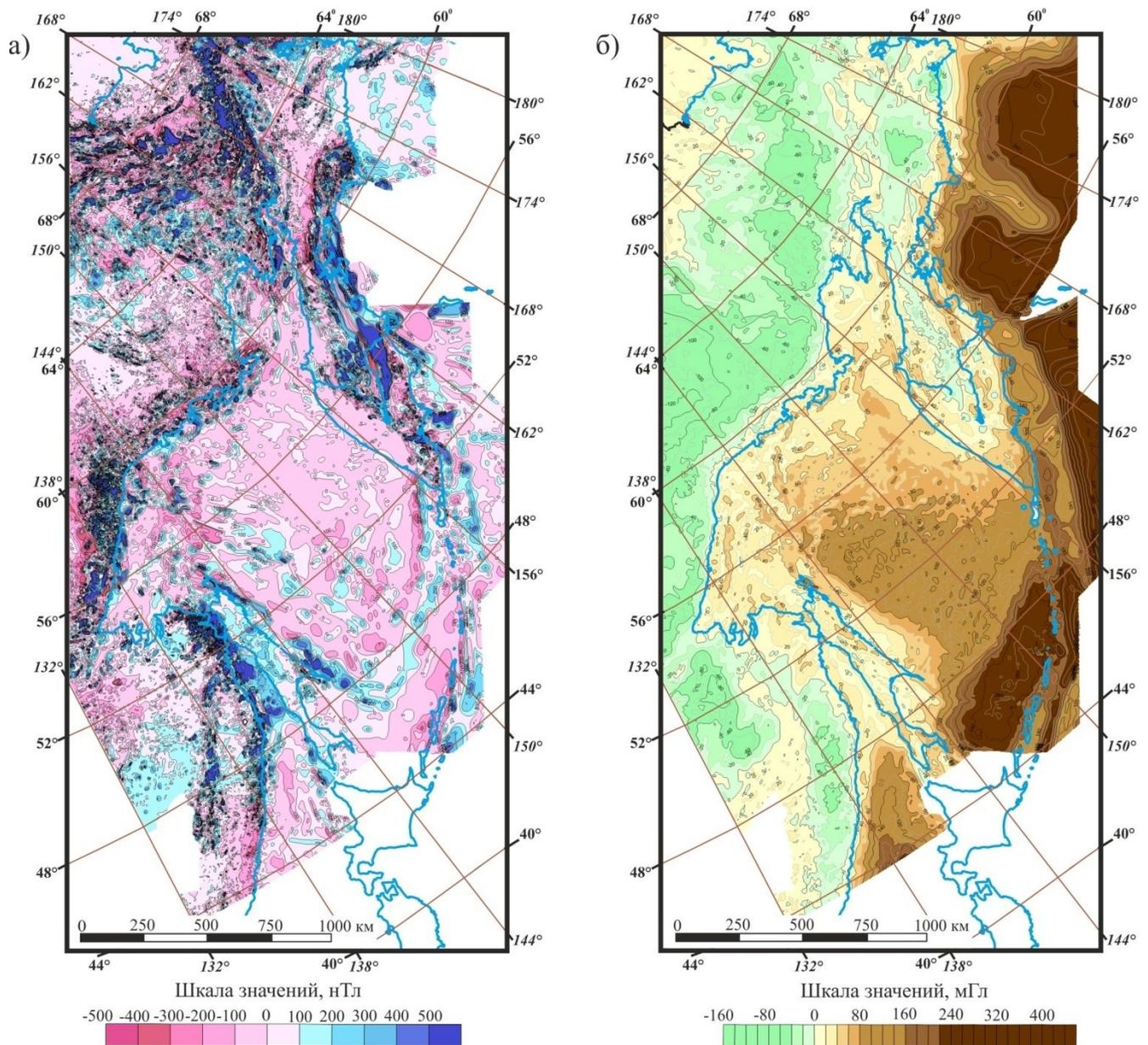


Рисунок 2 – Сводные модели карт аномального магнитного (а) и гравитационного (б) полей Охотоморского региона и структур его складчатого обрамления [42]

Геологическое истолкование природы этих аномалий связывается с формированием на окраинах континентальных блоков (Евразийского и Охотоморского) складчато-надвиговых поясов с высокой концентрацией офиолитовой ассоциации, океанических базальтов с интрузиями основного и ультраосновного состава [58]. Аномалии в «свободном воздухе» акватории Охотского моря почти всюду положительны. Амплитуда аномалий варьируется в пределах от первых единиц до сотен мГал. Экстремально низкие значения в пределах региона наблюдаются в обрамлении Охотоморского мегаблока и связаны с его деформированными окраинами. Максимальные значения гравитационного поля, достигающие значений 150 мГал фиксируются на его южной границе с Южно-Охотской котловиной. Характерной особенностью

гравитационного поля Охотоморского региона является множество узких вытянутых локальных гравитационных аномалий, сопряженных с неоднородностями фундамента и протяженными однонаправленными разломами.

Граничащие с Охотоморским регионом Верхояно-Колымская и Колымо-Омолонская складчатые области (СО) характеризуются преимущественно отрицательными значениями магнитного поля изредка осложненного локальными интенсивными положительными аномалиями (до +1500 нТл) внутри блоков. Для шовных зон, разделяющих блоки, характерны вытянутые линейные знакопеременные аномалии. В гравитационном поле структуры представлены зонами отрицательных значений поля от -160 до -20 мГл.

На границе Охотоморского и Евразийского геоблоков картируется Охотско-Чукотский вулканический пояс (ОЧВП), наложенный на структуры Новосибирско-Чукотской, Верхояно-Колымской и Колымо-Омолонской СО. При ширине 400 км ОЧВП протягивается вдоль побережья материка более чем на 3000 км. В аномальном магнитном поле данная структура хорошо прослеживается преобладающими линейными цепочками положительных изометричных аномалий, иногда превышающих значения 3000 нТл, связанными с разными по составу вулканитами – от кислых до основных разностей [76]. В гравитационном поле ОЧВП характеризуется сменой знака с минуса на плюс и протяженными аномалиями северо-восточного простирания.

В аномальном магнитном поле Камчатского полуострова отмечается четкая линейная зональность расположения основных структурно-тектонических элементов. Западно-Камчатский сегмент имеет схожую с Охотоморским мегаблоком структуру магнитного поля; в его пределах оно характеризуется слабopоложительными значениями [38]. Структуры Центральной и Восточной Камчатки проявлены в аномальном магнитном поле вытянутыми в меридиональном направлении аномалиями, достигающими значений в 2000 нТл. Интенсивность и морфология магнитного поля здесь обусловлена закономерностями локализации вулканических поясов и комплексов островных дуг, причленявшихся к окраине континента в кайнозой [82, 83, 86]. Аналогичная линейная зональность характерна и для гравитационного поля. Западно-Камчатский блок характеризуется пониженным значением поля, что говорит о развитии в его пределах крупного осадочного прогиба. Вытянутые вдоль береговой линии положительные аномалии гравитационного поля Западно-Камчатского бассейна сопряжены с поднятиями поверхности фундамента. Смена знака поля наблюдается при картировании структур Центрально-Камчатского вулканического пояса (по аналогии с ОЧВП); при этом структуры Восточной Камчатки характеризуются знакопеременным полем средней интенсивности.

Структура аномального магнитного поля Сахалин-Сихотэ-Алиньской коллизионно-активноокраинной СО крайне неоднородная. Здесь прослеживаются знакопеременные аномалии со значениями от -1500 нТл до +1500 нТл. Морфология магнитного поля определяется, в основном, распространением разновозрастных эффузивных пород, а также наличием в разрезе интрузий основного и ультраосновного составов. В гравитационном поле в части Сихотэ-Алиньской структуры преобладают отрицательные значения гравитационного поля интенсивностью до -50 мГл. При переходе через Татарский пролив, являющийся рифтовой структурой, отделяющей Сахалин от материковой части, знак поля меняется на плюс.

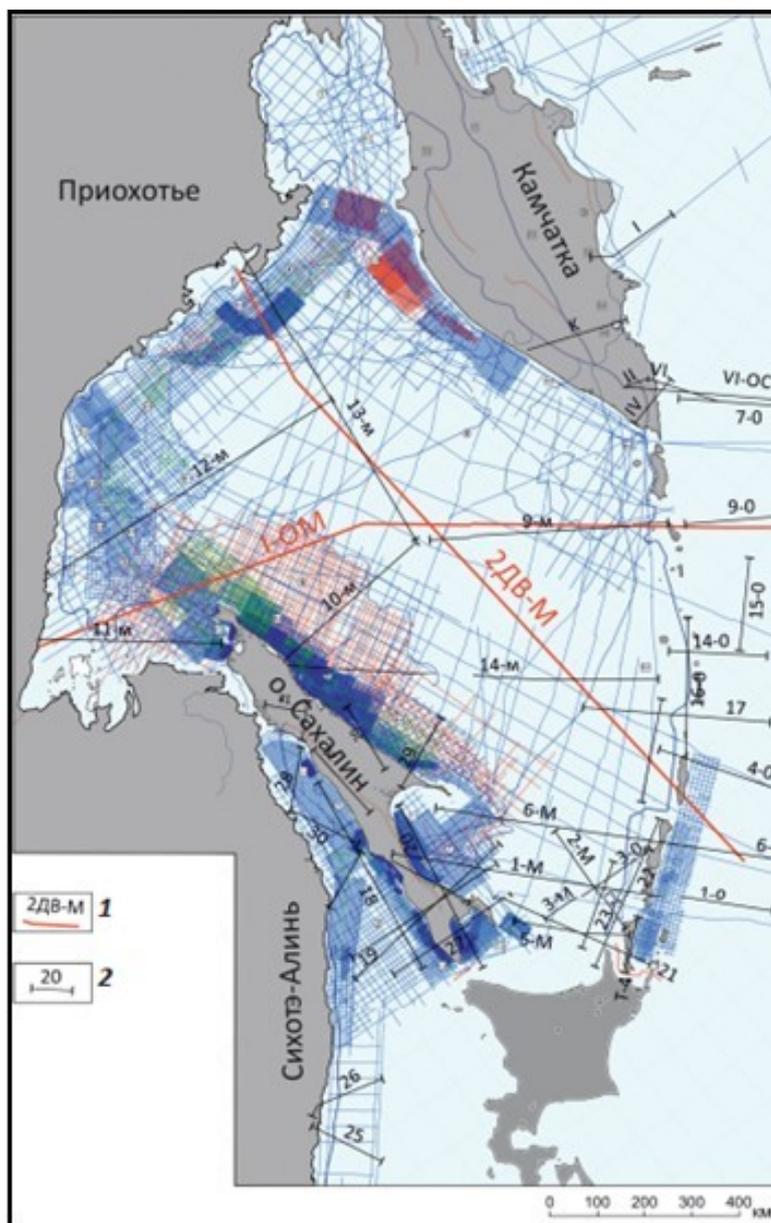
Южно-Охотский и Япономорский бассейны с корой переходного (субконтинентального) типа в аномальном магнитном поле проявлены как отрицательные структуры со значением поля в первые сотни нТл. Эти впадины обрамляются структурами Курильской островной дуги, а также Восточно-Сахалинской и Восточно-Сихотэ-Алиньской СО, которые в свою очередь характеризуются линейно вытянутыми преимущественно положительными магнитными аномалиями. В гравитационном поле эти бассейны выделяются существенно повышенными значениями до 300 мГл с характерным увеличением значений поля по мере возрастания глубины морского дна.

Глубоководные Алеутский и Командорский бассейны, разделенные поднятием Ширшова, заложены на океаническом основании с характерной для этого типа коры структурой магнитного и высокими показаниями гравитационного поля интенсивностью до 360 мГл. От Тихоокеанской океанической плиты их отделяет Алеутско-Командорская островная дуга. Повышенные значения гравитационного поля океанических бассейнов обуславливаются повышенной плотностью океанической коры по сравнению с менее плотной континентальной корой.

1.2. Изученность и особенности строения земной коры по данным сейсмических исследований и результатам бурения

Изученность акватории Охотского моря сейсморазведкой и глубоким бурением чрезвычайно неравномерна. Наибольшая плотность сейсморазведочных работ наблюдается в пределах основных нефтегазоносных областей (НГО) – Северо-Сахалинской и Западно-Камчатской, а также в Северо-Охотской перспективно нефтегазоносной области (ПНГО) (рисунок 3).

В 1958 году Институтом физики Земли (ИФЗ) АН СССР в Охотском море впервые были проведены рекогносцировочные сейсмические исследования методом глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ). По данным ГСЗ в разрезе земной коры был выделен консолидированный фундамент со скоростями прохождения сейсмических волн 5,2 – 6,0 км/с, а также осадочный чехол, где скорости составляли 2,0 – 5,3 км/с [16].



1 – геотраверсы 2-ДВ-М, 1-ОМ; 2 – профили ГСЗ

Рисунок 3 – Изученность акватории Охотского моря сейсморазведочными работами [77]

Большой вклад в изучение глубинного строения Охотоморского региона привнесли работы И.П. Косминской, С.М. Зверева, Ю.В. Тулиной, И.С. Берзон и других сотрудников ИФЗ РАН, выполненные совместно с СахКНИИ (ИМГиГ ДВО РАН). Эти исследования базировались на данных ГСЗ, полученных в период с 1958 до 1969 гг.

В семидесятые годы были выполнены комплексные региональные исследования, включающие в себя сейсморазведку, гравиметрию, магнитометрию, батиметрические и геохимические исследования (Баранова, 1977, 1978; Федотов 1978, 1980; Злобина 1979, 1980). Эти работы позволили определить общие черты тектонического районирования Охотоморского региона, выделить различные структурно-тектонические блоки, оценить мощность чехла. На

основании установленных геологических закономерностей были выделены площади перспективные на поиски месторождений полезных ископаемых.

Начиная с 80-х годов прошлого века трестом «Дальморнефтегеофизика» стали проводиться сейсморазведочные работы на более высоком техническом уровне (Сиротенко, 1980-1982; Злобина, 1980-1984; Балабко 1981-1985; Спирина, 1989 и др.). В ходе проведения этих работ были установлены блоковая структура земной коры, характер и положение кровли акустического фундамента, оконтурены крупные осадочные бассейны, установлен характер изменения мощности кайнозойского чехла, проведена межрегиональная корреляция и стратификация седиментационных бассейнов Сахалина, Северного Приохотья и Западной Камчатки, выявлены крупные антиклинальные поднятия.

Глубинные сейсмические зондирования на Камчатке проводились С.Т. Балестой, В.К. Утнаситным, В.В. Мишиным, С.П. Белоусовым, Н.И.Павленковой и другими исследователями. Широкий цикл специализированных исследований региона выполнили японские, китайские, европейские и североамериканские ученые [107, 109, 110].

На северном фланге Охотского моря последние региональные работы, выполненные ОАО «Дальморнефтегеофизика» (2003 – 2005 г.), проводились по методике МОВ ОГТ 120* и отличаются от предыдущих регулярной сетью профилей и более высоким качеством материала. Геологическое строение Магаданского, Гижигинского и Шелиховского бассейнов было охарактеризовано по четырем региональным несогласиям, разделяющим осадочный чехол на структурно-стратиграфические комплексы: палеоцен-нижнеолигоценый, верхнеолигоцен-среднемиоценовый, средне-верхнемиоценовый и верхнемиоцен-четвертичный, стратиграфическое обоснование возраста которых было выполнено на основе данных бурения Магаданской параметрической скважины [46]. Сейсморазведка осветила строение всего осадочного чехла, но структура палеогеновых рифтовых отложений осталась во многом не ясна.

Наиболее детальный комплекс современных геолого-геофизических исследований в Охотском море отработан к 2010 г. вдоль опорных геофизических профилей «2-ДВ-М» и «1-ОМ». Полученные данные позволили установить, что земная кора Охотоморского региона относится к континентальному типу со средней мощностью около 25–30 км [59, 65]. На две трети она сложена кислыми породами со скоростями сейсмических волн 5,7–6,3 км/с. Геотраверс 2-ДВ-М, пересекающий Магаданскую (Северо-Охотскую) депрессию на севере протягиваются до Курильской гряды на юге. Северо-Охотский прогиб расположен в зоне перехода от континента к морю. В его пределах сейсморазведочными работами установлен континентальный тип коры, осложненный структурами горстов и грабенов, а также серией нарушений, прослеживаемых на значительные глубины [59].

Профиль 2-ДВ-М охарактеризовал крупные структурные элементы Северо-Охотского (Магаданского) нефтегазоперспективного бассейна, заложившегося в раннем палеогене на окраине континентального блока. Северо-Охотский бассейн объединяет несколько крупных прогибов, разделенных поднятиями. Профиль пересекает Завьяловский и Мотыклейский прогибы, Моштаковское, Западно-Магаданское и Северо-Охотское поднятия. Наибольшая мощность кайнозойских отложений в пределах участка профиля (около 9 км) установлена в Завьяловском прогибе. Здесь отчетливо выделяются два структурных этажа: рифтовый и пострифтовый (плитный).

Следует отметить, что большая часть акватории Охотского моря вдоль рассматриваемого профиля обладает средней мощностью кайнозойского чехла 1,5 – 2 км с отдельными грабенами в центральной части с мощностью осадков более 2,5 км. Глубоководные впадины Тинро и Южно-Охотская, пересеченные профилем 2-ДВ-М, на сегодняшний день изучены слабо. Мощность осадочного чехла в их пределах оценивается от 4 до 7,5 км [5].

Состояние буровой изученности территорий и акваторий Дальнего Востока также крайне неравномерно. За многие десятилетия в общей сложности было пробурено более 2 500 скважин [66]. Большая часть из них приходится на территорию Северо-Сахалинской НГО, где открыто порядка 70 месторождений нефти и газа. Осадочный чехол Северо-Сахалинского бассейна сложен эоцен-плиоценовыми толщами суммарной мощностью до 9–10 км. Крупнейшие залежи углеводородов (УВ) сосредоточены в кровельных частях нижне-среднемиоценового уйнинского-дагинского и средне-верхнемиоценового окобыкайско-нутовского нефтегазоносного комплекса [49].

К настоящему времени на территории Западно-Камчатской НГО пробурено 85 глубоких скважин (232 168 пог. м). Четыре скважины стали первооткрывательницами газоконденсатных месторождений (Колпаковский район). Бурением наиболее полно охарактеризованы олигоцен-плиоценовые отложения.

Все параметрические скважины в Воямпольском и Ичинском районах Западной Камчатки закладывались на антиклиналях, подготовленных сейсморазведкой МОВ простейших модификаций. В ряде случаев это не обеспечивало необходимое структурное обоснование места заложения скважин. Скважины вскрыли значительную часть палеогеновых отложений; верхний мел был предположительно вскрыт только в параметрической Гаванской скважине № 1 (глубина 2700 м).

Недропользователями пробурено две поисковые скважины – Оярская и Чернореченская. Оярская скважина (3230 м) на забое вскрыла лишь нижнюю часть палеогенового разреза (среднеэоценовую снатольскую свиту), а Чернореченская – лишь олигоцен (?) – неогеновую толщу.

Морское разведочное бурение проводилось на шельфе Сахалина, где открыты порядка 15 месторождений УВ, в т.ч. уникальное Южно-Кириновское. На Западно-Камчатском лицензионном участке были пробурены 2 морские скважины, не обнаружившие признаков УВ: Западно-Сухановская (2008 г., Роснефть) и Первоочередная (2011 г., Газпром). Бурение на акваториях Шелиховского, Гижигинского заливов и Пенжинской губы не проводилось.

В пределах Магаданского бассейна в период с 1984 по 1986 гг. было проведено бурение трех скважин Магаданская-1 (3175 м), Магаданская-2 (2220 м) и Хмитвская (1765 м) [66]. Обе Магаданские скважины пробурены в присводовой части одноименного антиклинального поднятия, фундамент был вскрыт только первой скважиной на глубине 2910 м. Наиболее перспективные с точки зрения нефтегазоносности отложения представлены мелководно-морскими аргиллитами и алевролитами, а также континентальными отложениями аргиллитов и углей эоцен-олигоценного возраста.

1.3. Основные представления о тектоническом и нефтегазогеологическом строении региона

Вопросы тектонического и нефтегазогеологического районирования Охотоморского региона сложны и дискуссионны. Если при выделении нефтегазоносных провинций и областей главным является историко-геологическая общность формирования осадочных чехлов, выдержанность нефтегазоносных и перспективно нефтегазоносных комплексов и пространственное распределение месторождений нефти и газа, то для выполнения тектонического районирования зачастую используются различные подходы. В связи с этим, в разные годы были разработаны схемы тектонического районирования региона, как в рамках фиксистской идеологии [16], так и на основе геодинамических принципов [50, 75, 113]. Первая тектоническая карта региона масштаба 1:2 500 000, выполненная в рамках тектоники литосферных плит, была разработана коллективом авторов Российской академии наук под редакцией Н.А.Богданова [57]. Карты нефтегазогеологического районирования традиционно разрабатывались и уточнялись ФГУП «ВНИГРИ», являвшейся ведущей организацией при выполнении поисковых работ по Дальневосточному региону в рамках государственных контрактов [50].

Охотоморский регион расположен в зоне перехода от Евразийского континента к Тихоокеанскому океаническому бассейну. С юго-запада он обрамлен Хоккайдо-Сахалинской, а с северо-востока – Корякско-Камчатской кайнозойскими складчатыми областями. На севере он граничит с Охотско-Чукотским альб-сеноманским вулканическим поясом, а границей с океаном служит Курило-Камчатский глубоководный желоб. По особенностям строения, развития и современных геодинамических обстановок переходная зона подразделяется на тыловую

(относительно стабильную) и фронтальную (мобильную) области. Тыловая – область молодой континентальной коры, нарастившей край континента в конце мелового – начале палеогенового времени. Фронтальная – область, где осуществляется непосредственное взаимодействие океанической и континентальной литосферных плит.

В течении мезозойско-кайнозойской эволюции активных континентальных окраин Дальнего Востока пограничные структуры Верхояно-Колымской, Монголо-Охотской, Сихотэ-Алиньской СО и Охотоморского мегаблок были неоднократно активизированы. По мнению некоторых авторов, эти структуры являются тектонически активными и в настоящее время, поскольку Охотоморский мегаблок испытывает конвергентное воздействие со стороны Тихоокеанской плиты. Конвергентные напряжения передаются через Охотский блок в тыловые области, в результате чего здесь формируются крупные тектонические динамометральные швы сдвигового характера [5, 65].

На северо-западе Охотоморского региона главные тектонические швы слагают Охотско-Чукотскую систему разломов. Тектонические швы повсеместно трассируются метаморфическими комплексами, принадлежащими преимущественно к зеленосланцевой, реже амфиболитовой фациям [29]. В истории изучения Охотоморского региона неоднократно предпринимались попытки рассматривать глубинные шовные структуры как реликты древних субдукционных зон.

С целью возрастной реконструкции позднемезозойского этапа развития пограничных структур Охотоморского блока предшествующими исследователями была использована эволюционная модель вулканизма и связанных с ним терригенных комплексов. Как правило, в пределах ОЧВП позднемезозойские вулканиты подстилаются грубообломочными породами. Эти образования рассматриваются в составе юрско-мелового вулканогенного пояса [2].

В центральной части акватории Охотского моря выделяется система субмеридиональных поднятий. С севера на юг эта система включает поднятия Центрально-Охотское, Института Океанологии и Академии Наук, разделенные Восточно-Дерюгинским и Макаровским грабенами. Природа Центрально-Охотской системы поднятий не совсем ясна, но все исследователи считают, что эти поднятия представляют собой массивы докайнозойской стабилизации и фрагменты докайнозойских вулканических поясов, которые в виде сложных погребенных структур сходятся у Юго-Западной Камчатки [50].

Особое место занимает Центрально-Охотское поднятие – наиболее стабильный блок Охотоморского региона с развитым гранитным слоем и мощностью земной коры до 30 км. Он протягивается на расстояние более 700 км от поднятия Кашеварова на северо-западе Охотского моря до Соболевского поднятия на Камчатке [17]. Перекрывающие его кайнозойские отложения

залегает практически горизонтально. В своде массива они представлены обычно самыми молодыми (верхнемиоцен-плиоцен-четвертичными) осадками мощностью не более 0,5 км.

Фундамент Охотоморского массива предшествующими исследователями изучался в основном по потенциальным геофизическим полям и результатам сейсмического профилирования, не отличавшегося большой глубиной освещения разреза. В литературе по данному региону под консолидированным фундаментом обычно понимают поверхность мезозойских терригенно-вулканогенных отложений, в той или иной степени дислоцированных.

С запада Охотоморский блок граничит со структурами Сахалин-Сихотэ-Алиньской СО. На акватории породы Сихотэ-Алиньского пояса образуют акустический фундамент Литкенского поднятия, находящегося на юго-западе Сахалинского залива. Предполагается, что современная тектоническая зональность Сахалина сформирована установленной здесь системой продольных сдвигов, действие которых было особенно активным в миоцене и продолжается в настоящее время [75].

С восточного фланга Охотоморский блок граничит со структурами Корякско-Камчатской СО. В составе земной коры Камчатского полуострова выделяются киммерийские и альпийские линейные структуры северо-восточного простирания. Западный фланг полуострова представлен киммерийскими структурами Западно-Камчатской зоны. Ряд исследователей настаивают на существовании в мезозое отдельного Западно-Камчатского «микроконтинентального блока» [12, 74]. Их оппоненты предполагают, что Западно-Камчатская зона входит в состав Охотоморского мегаблока [39, 96, 100].

Формирование альпийских структур Камчатки связывается с последовательным причленением к окраине Евразийского палеоконтинента Олюторской и Кроноцкой островных дуг, перемещением зоны субдукции в сторону Тихого океана, а также формированием вулканических поясов и преддуговых прогибов, уверенно картируемых на различных тектонических схемах [69, 82, 83].

Юго-восточной границей Охотоморского мегаблока является Курильская островная дуга, замыкающая на юго-востоке охотоморскую акваторию. Она протягивается на расстояние около 2000 км от южной оконечности Камчатки до о-ва Хоккайдо. Единый Курило-Камчатский вулканический пояс на всем протяжении сопряжен с глубоководным Курило-Камчатским желобом.

Задуговая Южно-Охотская глубоководная впадина обособлена от других структур Охотского моря. По мнению ряда ученых она заложена на коре океанического типа [57], однако, последние исследования [44] установили переходный тип коры этой депрессии.

Периферийное обрамление Охотоморского региона образует практически сплошное кольцо осадочных депрессий. Системой разломов и выступов оно разделяется на бассейны,

которые по строению земной коры и характеру кайнозойского выполнения образуют тектонический ряд от прогибов окраины континента до задуговой глубоководной впадины. В этом ряду, по мнению Л.С. Маргулиса [49], можно выделить 4 типа бассейнов: окраинно-материковые и транзитальные краевые прогибы, занимающие все пространство шельфа и прилегающие островные и приостровные территории; глубоководные бассейны – Дерюгинский и Тинро; и задуговой (Южно-Охотский).

Наибольшими перспективами в плане нефтегазоносности обладают краевые прогибы: Северо-Сахалинский, Западно-Сахалинский, Западно-Камчатский, Хатырский, Анадырский. Они имеют резко асимметричное строение: внутренний их борт крутой, складчатый, тогда как внешний (более мористый) является более пологим и значительно менее дислоцированным. Асимметрия обуславливает однонаправленность седиментационных потоков со стороны формирующихся кайнозойских орогенов [49].

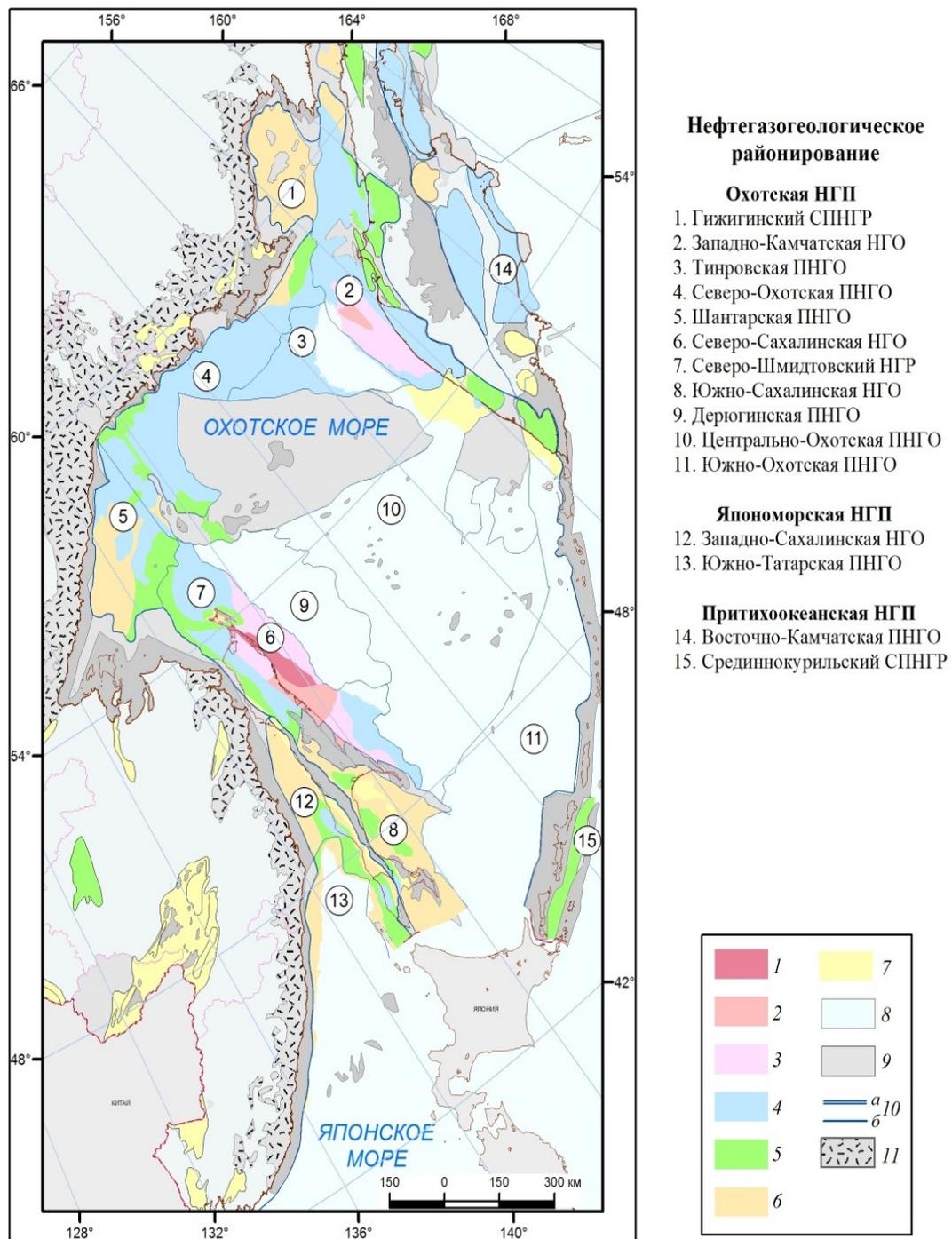
В пределах региона выделены 3 нефтегазоносные провинции (НГП): Япономорская, Охотская и Притихоокеанская (рисунок 4).

Япономорская НГП объединяет Западно-Сахалинскую НГО и Южно-Татарскую ПНГО. Первая включает территорию Западного Сахалина и северо-восточную часть шельфа Татарского пролива, вторая (Южно-Татарская) располагается, в основном, в южной глубоководной части Татарского пролива и северной части Японского моря.

Западно-Сахалинская НГО соответствует крупной поздне меловой-кайнозойской депрессии, разделяющей антиклинорные поднятия Сахалина и структуры материка. Депрессия занимает западную часть Сахалина, а также северную и восточную части шельфа Татарского пролива. Длина депрессии около 700 км, ширина до 100 км. Мегаструктура резко асимметрична, имеет крутой дислоцированный восточный (присахалинский) борт и относительно пологий, просто построенный западный. Наибольшие мощности чехла (до 6-8 км) «прижаты» к присахалинскому борту.

В *Охотской НГП* выделяется 11 областей: Северо-Сахалинская, Южно-Сахалинская и Западно-Камчатская НГО, Дерюгинская, Северо-Шмидтовская, Шантарская, Северо-Охотская, Гижигинская, Центрально-Охотская, Тинро и Южно-Охотская ПНГО.

Северо-Сахалинская НГО охватывает Северо-Восточный Сахалин и прилегающий шельф Охотского моря. Эта НГО – пока единственный на российском Дальнем Востоке крупный центр нефтегазодобычи. Северо-Сахалинский бассейн с юго-запада сопряжен с антиклинорными сооружениями Центрального Сахалина, многие тектонические ветви которых при погружении под осадочный чехол выражены антиклинальными зонами северо-западного простирания. Осадочный чехол бассейна сложен эоцен-плиоценовыми толщами суммарной мощностью до 9–10 км.



1 – 7 – плотность геологических начальных суммарных ресурсов УВ (1 – 100-200 тыс. т/км²; 2 – 50-100 тыс. т/км²; 3 – 30-50 тыс. т/км²; 4 – 10-30 тыс. т/км²; 5 – 5-10 тыс. т/км²; 6 – 3-5 тыс. т/км²; 7 - <3 тыс. т/км²); 8 – осадочные чехлы глубоководных акваторий; 9 – бесперспективные земли; 10 – границы нефтегазгеологического районирования: а – провинции; б – области и районы; 11 – Охотско-Чукотский вулканический пояс.

Рисунок 4 – Схема нефтегазгеологического районирования акваторий и территорий Дальневосточного региона [50]

Южно-Сахалинская НГО занимает акваторию заливов Терпения и Анива и участки прилегающей суши. Основные перспективы нефтегазоносности связываются с миоценовыми отложениями, в которых на суше открыты 4 мелких газовых месторождений. В акватории залежей УВ пока не обнаружено.

Западно-Камчатская НГО охватывает большую часть Западной Камчатки одноимённого шельфа. Она объединяет несколько прогибов, наиболее важными из которых являются Охотско-Западно-Камчатский и Воямпольский. На юго-восточном окончании Охотско-Западно-Камчатского прогиба (в Колпаковском НГР) открыты четыре мелких газоконденсатных месторождения. В Воямпольском прогибе (Северо-Тигильский НГР) месторождений не открыто, но встречены обильные нефтегазопроявления.

Перспективы нефтегазоносности Западно-Камчатской НГО определяются возможностью геологических аналогий с Северо-Сахалинским НГБ. Можно ожидать, что Западно-Камчатская НГО обладает близкими значениями УВ ресурсов и содержит крупные скопления нефти и газа [10].

Притихоокеанская НГП приурочена к фронтальной (внешней) части зоны перехода от континента к Тихому океану. В её составе выделяются Восточно-Камчатская, Олюторская ПНГО и Хатырская НГО, а также Срединнокурильский СПНГР [13].

Восточно-Камчатская ПНГО соответствует Восточно-Камчатскому и Централно-Камчатскому прогибам и включает также еще 2 небольшие впадины на юго-востоке Камчатки.

Олюторская ПНГО объединяет прогибы: Олюторский, Корфа, Литке и Вывенский. Они пространственно сближены и геотектонически связаны с узкими синклинорными депрессиями; последний из них находится на суше и объединяется с двумя предыдущими в Ильпинско-Вывенский бассейн.

Хатырская НГО представляет собой сложно построенную тектоническую депрессию, расположенную в основном на шельфе и склоне (до глубины 1000 м) Берингова моря. Северо-восточная периферия бассейна занимает узкую полосу приморской низменности, обрамленную сооружениями Корякского нагорья.

Анадырская СНГО соответствует одноименной впадине, простирающейся в субширотном направлении. Для нее характерны интенсивные складчато-разломные дислокации на внешнем борту, мелкие размеры локальных складок и резкое фаціальная изменчивость кайнозойских толщ.

Отдельные небольшие впадины суши, находящиеся в пределах переходной зоны или на её границе с собственно континентом (в пределах Охотско-Чукотского вулcano-плутонического пояса), выделены в ранге самостоятельных районов: Канчаланская и Красноозёрская впадины на

Чукотке, Парапольский и Пусторецкий прогибы на Камчатском перешейке, Ямско-Гауйская система впадин Северного Приохотья. Нефтегазовый потенциал этих объектов оценивается низко [34].

1.4. Выводы по Главе 1

Понимая дискуссионность проблем геотектонической эволюции Охотоморского региона, была поставленная задача выполнить увязку и интеграцию всего разнообразия накопленного геолого-геофизического материала и обеспечить выработку решений по основным неясным и спорным вопросам геологического строения и геодинамической эволюции региона. В связи с такой постановкой задач исследований потребовалась разработка геолого-структурной основы региона, отражающей характерные особенности строения фундамента и осадочного чехла, как в латеральном, так и в радиальном измерениях.

Комплексная тектоническая интерпретация и создание целостной модели глубинного строения региона, основанные на геодинамических принципах, могут быть успешно выполнены с использованием «блоково-зональной модели земной коры» [92].

В ходе геотектонических построений должны быть задействованы обобщенные модели глубинного строения геодинамических обстановок, основанные на результатах комплексных исследований хорошо изученных природных аналогов [2, 10, 46, 51].

ГЛАВА 2 ФАКТОЛОГИЧЕСКАЯ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Фактологическая основа исследований

К настоящему времени по территории рассматриваемого региона накоплен обширный фактический материал, позволяющий выполнять геотектонические построения на новом научно-методическом уровне. Принципиальное значение для решения поставленных задач имеют результаты Государственного геологического картирования масштаба 1:1000000 (ГГК-1000), выполненные под научно-методическим руководством ФГУП «ВСЕГЕИ». В базу данных ГГК-1000 входят материалы гравитационных и магнитных съемок масштаба 1:200000 и расчеты их трансформаций, результаты специализированных дистанционных, геоморфологических и геохимических исследований. Кроме того задействуются данные батиметрических исследований, сейсмических (ГСЗ и МОВ-ОГТ), сейсмотомографических, геотермических, магнитотеллурических съемок, геологического картирования, глубоководного бурения, данные геоакустического профилирования и другие материалы [108].

На региональном этапе исследований в основу разработки зонально-блоковой модели Охотоморского региона положены цифровые модели аномального магнитного и гравитационного полей (масштаб 1:2 500 000), актуализированные в ФГУП «ВСЕГЕИ» в 2016 г. Шаг грида матриц составляет 2,5 км. В ходе исследований был произведен расчет трансформаций потенциальных полей, а также применены классификационные алгоритмы с распознаванием образов без обучения для выявления однотипных по ряду признаков ареалов. В процессе выделения основных геолого-структурных элементов региона учитывались ранее разработанные различными коллективами авторов схемы тектонического и нефтегазогеологического районирования [43, 50, 57], современных тектонических нарушений [71], пространственного расположения очагов землетрясений, (сайт геологической службы США [91]).

Наиболее полный комплекс современных региональных геолого-геофизических исследований региона выполнен ФГУНПП «Севморгео» к 2010 г. вдоль опорных геофизических профилей «2-ДВ-М» и «1-ОМ», пересекающих акваторию Охотского моря [59, 65]. Комплекс съемок включал набортные гравимагнитные наблюдения, аэрогравиметрические и аэромагнитометрические съемки, газогеохимические исследования, сейсморазведку КМПВ-ГСЗ и МОВ-ОГТ и поверхностное сейсмоакустическое профилирование. Для построения глубинного геолого-геофизического разреза вдоль геотраверса 2-ДВ-М помимо материалов сейсморазведки автором использованы результаты решения обратной задачи грави- и магниторазведки. На основе комплексной интерпретации этих данных разработана трехмерная модель глубинного

строения региона с обоснованием закономерностей пространственного расположения основных структурно-вещественных неоднородностей консолидированной коры и платформенного чехла в латеральном (две послойные схемы) и вертикальном (разрезы) измерениях.

Среди осадочных бассейнов, протягивающихся вдоль северного побережья Охотского моря более чем на 1500 км, наиболее полно изучен Северо-Охотский (Магаданский) прогиб, где проведены комплексные геофизические исследования различной степени детальности, а также глубокое параметрическое и поисковое бурение.

Северо-Охотская перспективно нефтегазоносная область (ПНГО) была впервые выделена в сечении профиля ГСЗ 13-М, отработанном в период Международного геофизического года (1957 г.). К настоящему времени эта структура довольно хорошо изучена сейсморазведкой МОВ ОГТ. Здесь выполнялись работы как регионального плана, так и поисковые детальные исследования. В 2005 г. в рамках государственного контракта для решения задач по изучению геологического строения Магаданского и Шелиховского осадочных бассейнов ОАО «Дальморнефтегеофизика» было отработано 7500 пог. км сейсмических профилей МОВ ОГТ. По результатам этих работ были выполнены структурные построения по основным отражающим горизонтам, включая поверхность акустического фундамента [24, 78]. Результаты этих работ были учтены автором при исследовании особенностей проявления сдвиговых, сбросовых и взбросовых дислокаций северного фланга Охотской НПП.

Акватория примагаданского шельфа покрыта достаточно плотной сетью сейсмических наблюдений, чего не скажешь о прилегающей суше. Наряду с материалами сейсморазведки, на которых выполняются основные структурные построения, были использованы данные потенциальных полей. Их совместная обработка и интерпретация обеспечивает получение интегрированной информации для выполнения тектонического районирования тех участков, где данные сейсморазведки отсутствуют или являются некондиционными. Несомненным преимуществом материалов грави- и магниторазведки является их относительная однородность, что позволяет рассматривать геолого-структурные элементы площади, как единые системы, не разделяя их искусственно береговой линией.

Плотность изученности Западно-Камчатской НГО сейсмическими работами и глубоким бурением крайне неравномерна. Наибольшей изученностью характеризуется Колпаковский прогиб, на суше которого открыты четыре мелких газоконденсатных месторождения. В Воямпольском прогибе, граничащим с Шелиховским районом, месторождений не открыто, но встречены обильные нефтегазопроявления. В Шелиховском прогибе, полностью расположенном на акватории одноименного залива, сейсморазведка осветила строение всего осадочного чехла, но структура палеогеновых рифтовых отложений осталась во многом не ясна.

Моделирование латерального распределения неоднородностей земной коры северного фланга Охотской НГП (площадной этап исследований) опиралось на разработанную региональную структурно-тектоническую схему Охотоморского региона, карты гравитационного и магнитного полей, набора трансформант и результатов применения алгоритмов распознавания образов с обучением и без. В качестве априорной информации были задействованы схемы тектонического районирования, выполненные Л.С. Маргулисом, Т.А. Андиевой, В.В. Харахиновым [50, 78], палеогеографические схемы Западно-Камчатской НГО [10, 79], карты геологического строения территории ГГК-1000 (ФГУП «ВСЕГЕИ» [15]), карта поверхности акустического фундамента (ОАО «Дальморнефтегеофизика» [24]), карта зон нефтегазонакопления Западно-Камчатской НГО, составленная ФГУП «ВНИГРИ» при участии автора настоящей работы.

Для выполнения площадного этапа исследований были составлены сводные цифровые модели потенциальных полей в пределах листов О-55, О-56, О-57 геофизических основ Госгеолкарты-1000/3 (ГГК-1000) (Рисунок 5). Указанные материалы путем преобразований были обобщены в соответствующие grids потенциальных полей в единой проекции Гаусса-Крюгера с осевым меридианом 153° (зона 26). Обобщенная цифровая модель гравитационного поля составлена в редукции Буге с плотностью промежуточного слоя 2.67 г/см^3 . Обобщенная цифровая модель аномального магнитного поля составлена с учетом уровня нормального поля Земли эпохи 1965 г. Шаг задания узлов в гридах обобщенных цифровых моделей выбирался равным $\Delta x = \Delta y = 500 \text{ м}$.

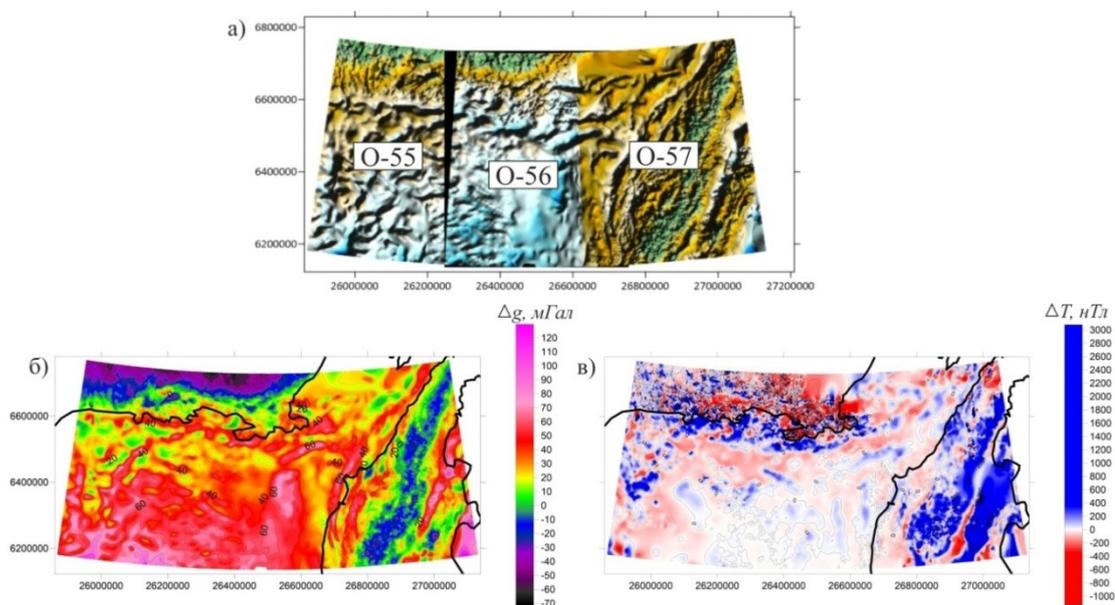


Рисунок 5 – Цифровые модели потенциальных полей:

а – листы О-55, О-56, О-57 ГГО-1000, представленные отдельно; б - полученная автором сводная цифровая модель гравитационного поля; в - полученная автором сводная цифровая модель магнитного поля

Моделирование глубинных неоднородностей разреза земной коры вдоль выбранных сечений опиралось на данные сейсморазведки в исходной форме и пересчитанной в показатели рефлексивности, результаты решения обратных задач грави- и магниторазведки и на результаты выполненных в ходе регионального этапа построений латерального распределения структурно-вещественных комплексов земной коры. Перед началом построений была выполнена увязка границ основных геолого-структурных элементов разработанной схемы с линиями сечений.

Для создания глубинных геолого-геофизических разрезов в программном обеспечении «Geosoft – Oasis Montaj» выполнено петроплотностное и петромагнитное моделирование с использованием всей полученной в ходе исследований информации.

2.2. Разработка методической схемы комплексного анализа данных

В ходе исследований глубинного строения северного фланга Охотской НГП автором была разработана методическая схема интерпретации геолого-геофизических данных (рисунок 6). Она включает в себе последовательность сбора, систематизации и анализа разнородных геолого-геофизических материалов, начиная от выбора объекта изучения с обоснованием целей и задач исследований, до получения конечного результата, которым являются разработанные геолого-структурные схемы строения консолидированной коры и платформенного чехла и глубинные геолого-геофизические разрезы.

Выполненная исследовательская работа включала из двух основных этапа: 1 – региональный или обзорный этап изучения Охотоморского региона; 2 – исследования площади северного фланга Охотской НГП.

Выбор двух объектов исследования был обусловлен необходимостью разработки взаимоувязанных моделей Охотоморского региона в целом и северного фланга Охотской НГП в рамках унифицированной «зонально-блоковой геофизической модели земной коры» [92] Охотоморского региона. Такой подход к выполнению тектонического районирования обеспечивает возможность разработки идейно и пространственно согласованных схем строения структур фундамента и осадочного чехла, с учетом всей имеющейся геолого-геофизической информации, не смотря на ее разнородность и кажущуюся несопоставимость.

На начальном этапе был сформирован рабочий банк геолого-геофизических данных, который включил в себя материалы геологического картирования; сводные цифровые модели гравитационного и магнитного полей; сейсмологические, батиметрические данные; результаты сейсмических исследований; данные глубокого бурения; а также имеющиеся по региону различные карты и схемы тектонического и нефтегазогеологического районирования.

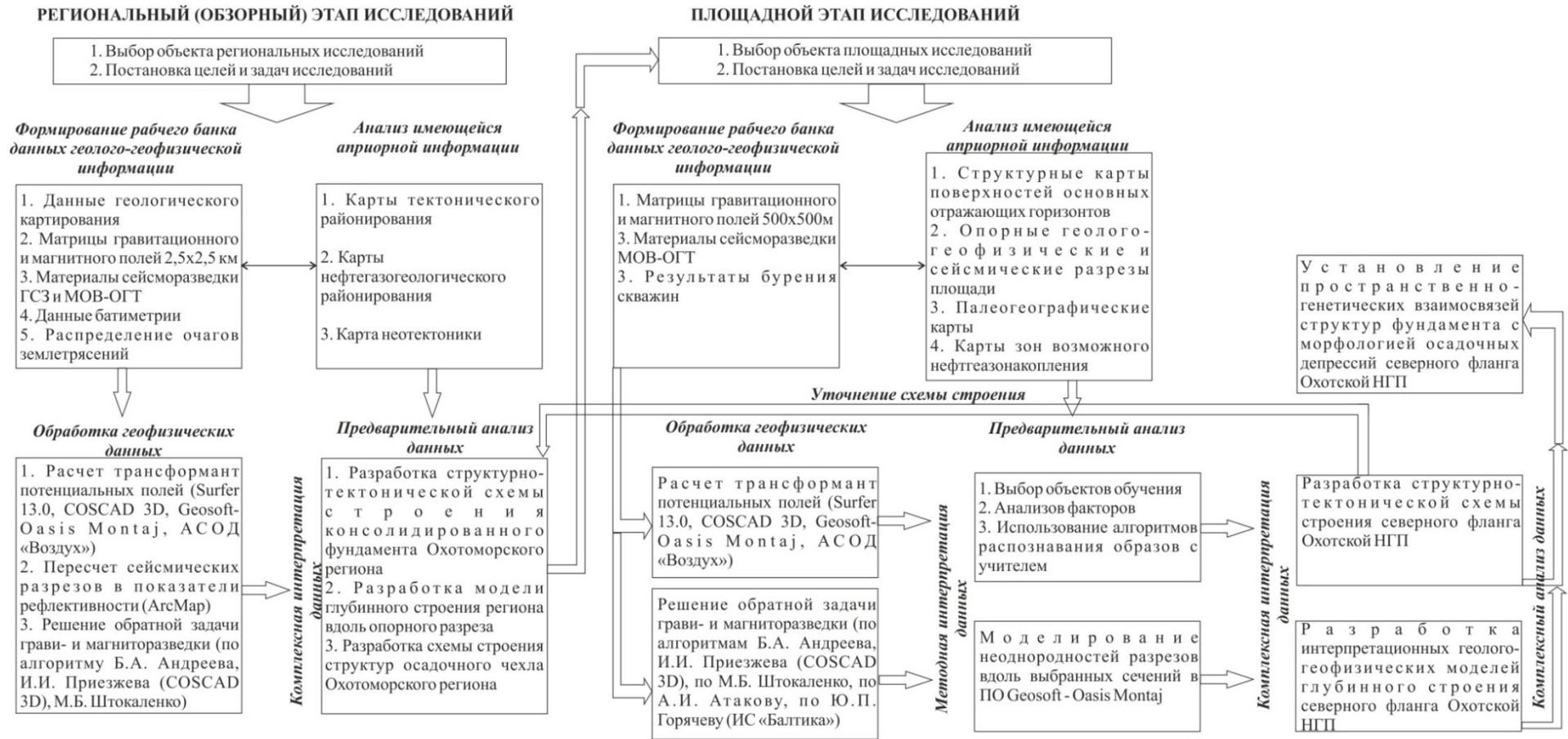


Рисунок 6 – Методическая схема сбора, обработки и интерпретации комплекса геолого-геофизических данных на разных стадиях исследований

Обеспечение пространственной увязки всего массива информации обеспечивалось использованием программных пакетов ArcGIS 10.3, Surfer 13.0 и CorelDraw 18.0.

В ходе исследований банк данных был существенно дополнен полученными результатами обработки геофизических полей. Таким образом, вся имеющаяся информация была определенным образом структурирована и помещена в базу, организованную по принципу «светового стола», где предусмотрено включение и отключение отдельных слоев для удобства работы с ними.

Комплекс обработки данных, примененный на региональном и площадном этапах исследований, во многом схожи, но в тоже время имеют ряд существенных отличий. Эти этапы отличаются масштабом используемых фактологических материалов: от мелкомасштабного на региональном этапе (матрица потенциального поля 2,5x2,5 км) – до средне-мелкомасштабного на этапе площадных исследований (матрица потенциального поля 500x500 м). На площадном этапе исследований комплекс обработки данных был значительно расширен за счет:

- применения алгоритмов распознавания образов с обучением;
- применения дополнительных алгоритмов решения обратной задачи грави- и магниторазведки;
- использования процедур моделирования вдоль выбранных опорных сечений с использованием программного обеспечения «Geosoft–OasisMontaj».

Выбор объекта площадных исследований основывался на результатах, полученных по завершению первого – регионального этапа работ. В ходе выполнения второго этапа существенно уточнены детали региональных схем фундамента и осадочного чехла северного фланга Охотской НГП, изучена морфология структур чехла и их взаимосвязь с зонами возможного нефтегазоаккумуляции.

2.3. Методика обработки и комплексной интерпретации данных

Моделирование структурно-вещественных неоднородностей земной коры проводилось в латеральном измерении с разработкой схем строения консолидированного фундамента и осадочного чехла, а также в вертикальном измерении вдоль выбранных опорных сечений с построением глубинных геолого-геофизических разрезов. Положение контуров структурно-вещественных подразделений исследуемой площади, представленных на разработанных схемах, взаимоувязано с положением этих элементов в опорных сечениях, что может рассматриваться в качестве формы представления изучаемых параметров в трехмерном геологическом пространстве.

Построенная «зонально-блоковая модель земной коры» является уверенно дешифрируемой основой для геотектонических построений. В рамках этого методического

подхода важнейшими элементами разрабатываемой геофизической модели земной коры являются блоки и межблоковые зоны. Блоки проявляются как стационарные области геофизических параметров, а за межблоковые зоны принимаются ареалы изменения структуры геофизических полей. Следует подчеркнуть, что термину “блок” на стадии тектонической интерпретации комплекса геофизических данных отвечают «континентальные части палеоплит»; “межблоковым зонам” – сутуры коллизионных орогенов, рифтовые зоны, региональные сдвиги [32]. Межблоковые зоны проявляются в форме узких полого погружающихся глубинных каналов с клиновидным расширением (синформой) в верхней коре.

Сильным инструментом современного этапа исследований, является геодинамический анализ разработанных геолого-геофизических (геотектонических) моделей. В рамках этой методологии для моделирования структурно-вещественных неоднородностей земной коры использовано параметрическое описание структур – тектонотипов, сформированных в различных геодинамических обстановках (структурных, вещественных и морфологических параметров их глубинного строения, особенностей седиментации, магматизма, метаморфизма и проявления в геофизических полях). Значительный прогресс в опознании типов глубинных структур связывается с применением современных технологий “распознавания образов с обучением” на основе вовлечения в построения результатов изучения аналогов.

2.3.1. Методика обработки геофизических полей в латеральном измерении

Для анализа закономерностей пространственного распределения геофизических полей и их последующей интерпретации были рассчитаны карты региональных, локальных составляющих, искусственного псевдорельефа, угол наклона производной (TILT-трансформация) гравитационного и магнитного полей, полный горизонтальный (модуль) и вертикальный градиент поля силы тяжести, «псевдогравитационное поле».

Разложение полей на региональную и локальную составляющие проводилось, как в программе OasisMontaj (рисунок 7) путем пересчета поля в верхнее полупространство [30], так в программном пакете COSCAD-3D. Двумерный адаптивный энергетический фильтр позволяет провести разложение потенциального поля на ряд компонент (признаков), характеризующихся наличием аномалий различных энергий [60]. В свою очередь, региональной компоненте соответствует низкочастотная составляющая поля, а более высокочастотные компоненты выделяются как первая, вторая и т.д. локальные составляющие поля. Наиболее высокочастотная компонента разложения поля, амплитуда которой соизмерима с уровнем помех, при интерпретации не используется.

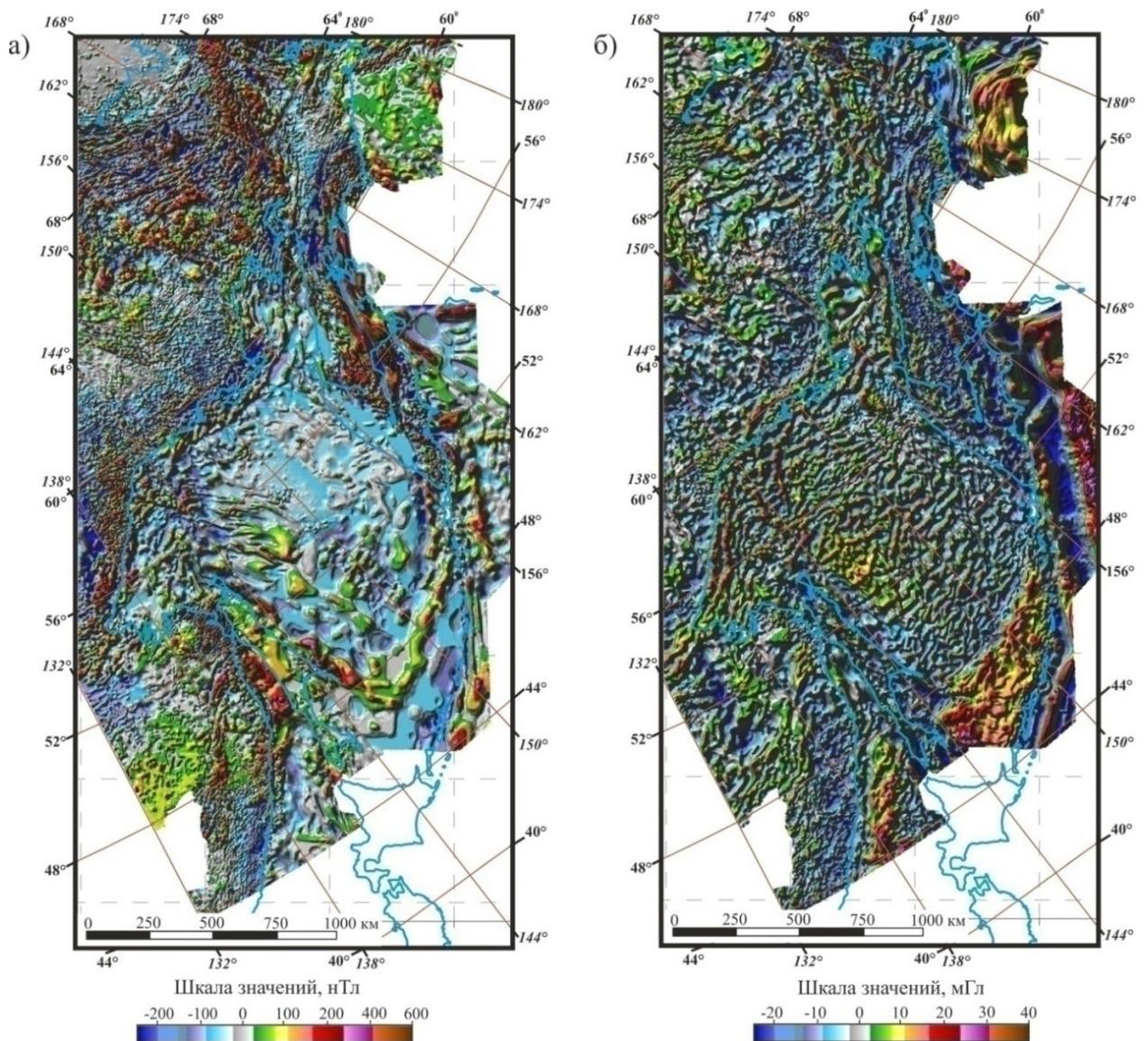


Рисунок 7 – Локальная составляющая магнитного (а) и гравитационного (б) полей, рассчитанные с использованием ПО Geosoft - Oasis Montaj

Расчет вертикального градиента полей обеспечивает более контрастное, в сравнении с исходным полем, выделение объектов, находящихся вблизи поверхности и особенностей поля, связанных с тектоническими нарушениями. Полный горизонтальный градиент подчеркивает зоны наибольшего изменения значений поля, которые обусловлены тектоническими границами. ПЛТ-трансформация определяется как арктангенс отношения вертикальной производной к полному горизонтальному градиенту. Построенные карты информативны при структурном дешифрировании геофизических полей с выделением малоамплитудных линейных аномалий, отвечающих слабо проявленным разрывным нарушениям [53].

При расчете градиентов потенциального поля по заданному направлению искусственная подсветка ориентировалась вкост простирания доминирующих геологических структур. Псевдогравитационное поле было получено путем пересчета аномального магнитного поля в

программе OasisMontaj; при этом значения магнитного склонения задавалось -11.451 рад., а магнитного наклонения 71.262 рад.

Анализ карт потенциальных полей и рассчитанных трансформант позволил более уверенно выделить блоки исследуемой площади, проявляющиеся ареалами стационарности геофизических полей и разделяющих их градиентные зоны, отвечающие сутурам, сдвигам и рифтам.

При выполнении районирования территории по комплексу геофизических полей использованы классификационные алгоритмы с распознаванием образов без обучения. В ходе исследований были применены алгоритмы классификации потенциальных полей, реализуемые в программном пакете COSCAD 3D, в частности: классификации по Петрову А.В.; по методу «общего расстояния»; «динамических сгущений»; «знаковая классификация» [60].

Используемые классификационные алгоритмы построены на принципах самообучения и учета корреляционных связей всего признакового пространства. Признаками в общем случае могут быть значения различных геофизических полей, их производных, наблюдаемые поля на различных уровнях, оцифрованная геологическая, петрофизическая и геохимическая информация. Комбинация этих признаков позволяет разбивать исследуемые территории на области, однородные по нескольким признакам. В результате работы программы формируется сеть, в которой содержатся результаты классификации: каждая точка сети характеризуется номером класса, к которому она принадлежит. Представленная на рисунке 8а классификация по Петрову А.В. базируется на алгоритме многомерного дисперсионного анализа. При использовании такого варианта классификации выполнялся подбор конечного числа классов. Для визуализации была выбрана карта с 16 классами для ее сопоставления с картой, рассчитанной по другому алгоритму (Зеленецкого Д.С.). Примененный алгоритм знаковой классификации позволяет разбить обрабатываемую сеть на области, имеющие однотипное проявление в заданном признаковом пространстве.

Например, если обрабатываются два признака, то после работы программы будут выделены области: оба признака положительны (++)); первый – положителен, второй отрицателен (+ -); первый признак отрицателен, второй положителен (- +); оба признака отрицательны (- -) [45]. На рисунке 8б представлена карта классов для локальных составляющих гравитационного и магнитного полей.

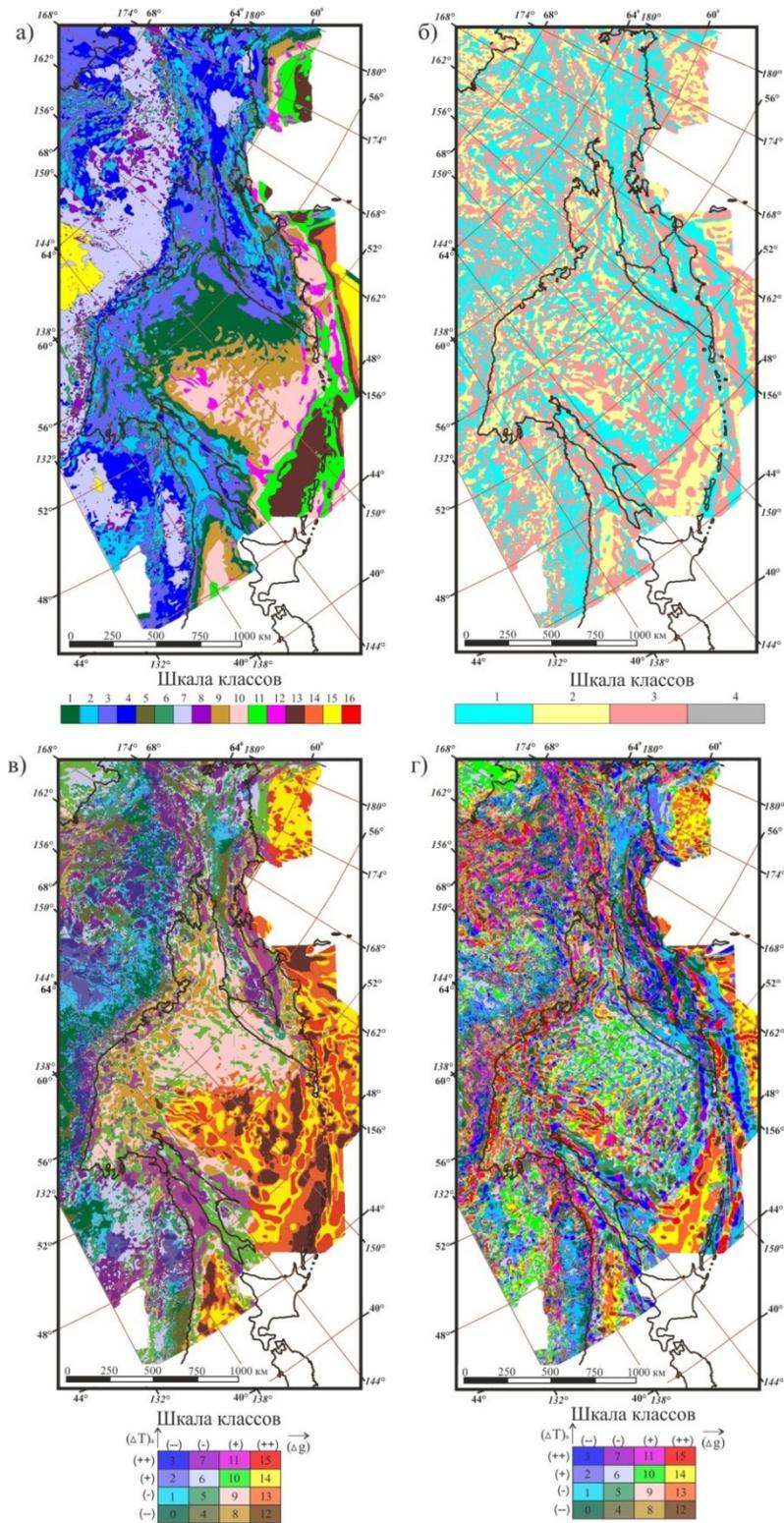


Рисунок 8 – Карты классификаций потенциальных полей

а – классификация аномального магнитного и гравитационного полей по Петрову А.В.; б – знаковая классификация локальных составляющих аномального магнитного и гравитационного полей; в – классификация аномального магнитного и гравитационного полей по Зеленецкому Д.С.; г – классификация локальных составляющих аномального магнитного и гравитационного полей по Зеленецкому Д.С.

Дополнительно была выполнена классификация полей с использованием алгоритма Д.С. Зеленецкого в программе АСОД «Воздух» [112]. Для представления гравиметрических и магнитных данных в сопоставимом и наглядном виде, на первом этапе выполнялось «нормирование» данных, основанное на построении кумулятивной кривой накопленных частот и переходе от исходных единиц к значениям накопленной частоты (квантилям), выраженной в условных единицах. При проведении районирования (классификации) изучаемой территории весь диапазон значений каждого признака разделялся на 4 интервала – это области повышенных, пониженных, фоновых и аномальных значений. При этом интервалы, соответствующие выделенным областям, выражаются в одинаковых единицах и встречаются на исследуемой территории с одинаковой частотой. Для двух полей (признаков) по комбинациям из 4 интервалов можно выделить 16 классов, что является наиболее оптимальным с точки зрения восприятия и подбора цветовой палитры полученных классов (Рисунок 8в, 8г).

На начальном этапе интерпретации в качестве вспомогательного инструмента выполнялся линеаментный анализ карт гравитационного и магнитного полей. Эта процедура позволяет закартировать элементы геологического строения, такие как тектонические разломы и контрастные по свойствам геологические структуры, блоки с корой континентального или океанического типа, межблоковые зоны, интрузивные массивы. Геологическая информативность линеаментного анализа зависит от размера самого объекта, масштаба анализируемых карт, а также от его контрастности на фоне с окружающей средой. Линеаменты первого ранга проводились между ареалами с резко различной инфраструктурой полей. Процесс отрисовки линеаментов второго ранга (зоны максимальных градиентов, зоны смены характера поля) в ручном режиме является достаточно трудоемким и потребовал больших временных затрат.

Для оптимизации этих построений возможно использование различных программных комплексов. В ходе исследований программе PCIGeomatica. при задаваемых пользователем параметрах, на карты потенциальных полей в автоматическом режиме были нанесены линеаменты. Подбор параметров производился экспериментально, путем последовательного перебора значений (рисунок 9).

Далее проводилось сравнение автоматически отрисованных линеаментов с теми, которые были нанесены при визуальном анализе вручную. Стоит отметить, что существенным недостатком применяемой программы является невозможность ранжирования линеаментов различного порядка. Поэтому оценивалась адекватность выполненных построений, их информативность – за счет достижения необходимой плотности линеаментов, а также производилась увязка линеаментной сети с априорной геологической информацией.

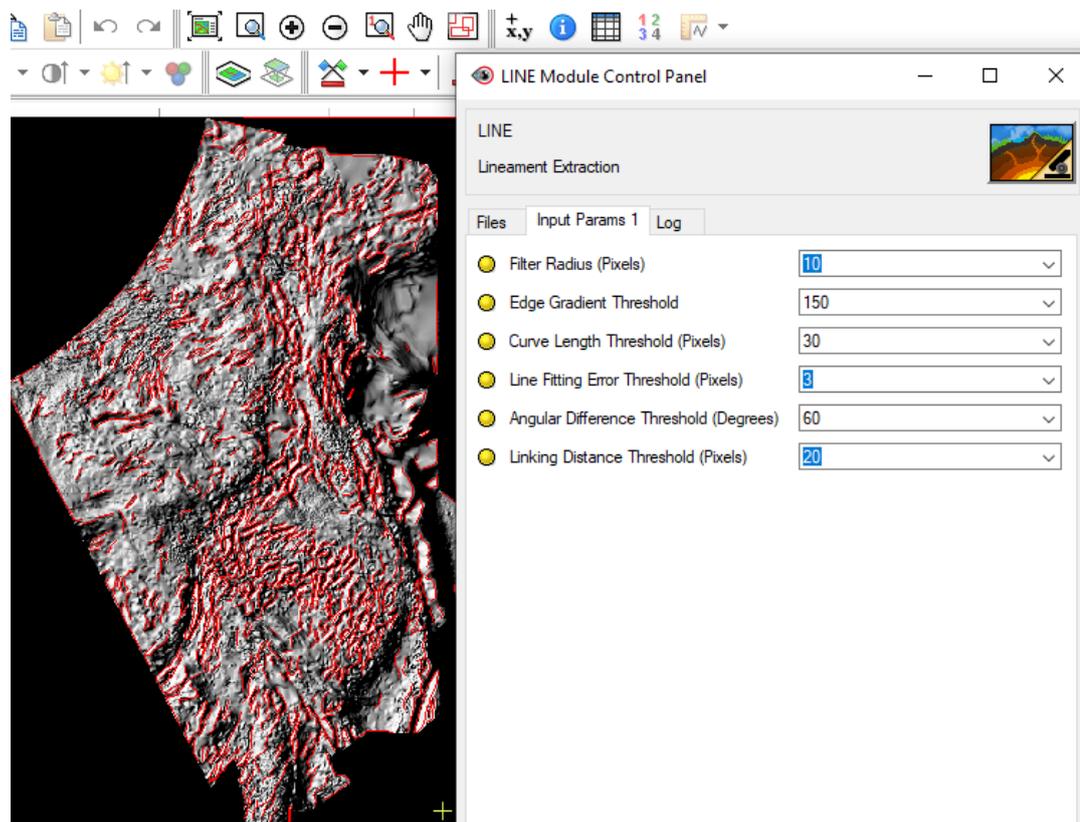


Рисунок 9 – Окно программы PCIGeomatics с подбором параметров построения линеаментов по карте псевдорельефа гравитационного поля

В ходе качественной интерпретации потенциальных полей и их трансформант выделены блоки, межблоковые зоны, вулканические пояса, разрывные нарушения и выполнена их геотектоническая интерпретация; разработана структурно-тектоническая схема строения консолидированного фундамента земной коры Охотморского региона. На ее основе был выбран участок более детальных площадных исследований.

Для картирования основных структур растяжения, сжатия и сдвига в пределах северного фланга Охотской НГП помимо традиционных приемов качественной интерпретации данных геофизических полей применялся алгоритм распознавания образов с обучением на основе «свёрточной нейронной сети» [67]. Данный метод позволяет найти скрытые зависимости между исходными данными и уже известными проявлениями искомым элементов или структур.

Для формирования обучающей выборки был создан набор геолого-структурных и геофизических факторов, подающийся на вход в программу (таблица 1).

В качестве объектов обучения задавались контуры горстовых структур, наиболее контрастно проявленных в геофизических полях. В результате работы программы была рассчитана карта классификации площади исследований по сходству по геолого-структурным и геофизическим факторам с объектами обучения (рисунок 10).

Таблица 1 – Факторы для распознавания образов с обучением

Название фактора	Тип фактора	Форма задания параметра
ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ФАКТОРЫ		
Охотско-Чукотский сдвиг	линейный	расстояние до разлома (км)
Западно-Камчатский сдвиг	линейный	расстояние до разлома (км)
Охотско-Чукотская сутурная зона	контурный	да-нет
Складчато-надвиговой пояс на окраине Охотоморского блока	контурный	да-нет
Кайнозойские депрессии	контурный	вне контура прогнозное решение обнуляется
Евразийский континент	контурный	да-нет
Охотоморская палеоплита	контурный	да-нет
ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ		
Магнитное и гравитационное поля	метризованный	уровень поля (нТл и мГл)
Трансформанты полей	метризованный	уровень поля (нТл и мГл)

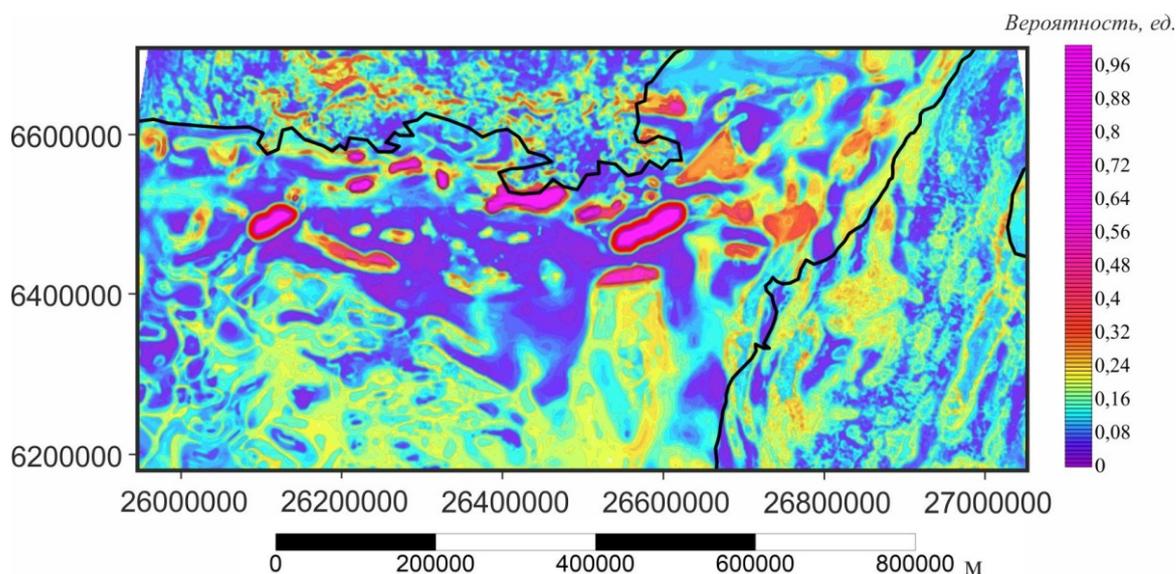


Рисунок 10 – Карта классификации территории Северо-Охотского бассейна по вероятности подобию по набору признаков с наиболее контрастными в потенциальных полях горстовыми структурами (рассчитана с использованием алгоритма распознавания образов с обучением; объекты обучения выделены красными жирными линиями)

Дальнейшая комплексная интерпретация всей имеющейся априорной информации и результатов обработки данных потенциальных полей, с увязкой с региональной схемой Охотоморского региона, позволили разработать структурно-тектоническую схему северного фланга Охотской НГП.

2.3.2. Методика обработки геофизических полей вдоль опорных сечений

Для построения глубинного разреза вдоль геотраверса 2-ДВ-М использованы опубликованный сейсмический разрез МОВ-ОГТ [65] (рисунок 11а), скоростной разрез в данном сечении [59], а также сейсмический разрез в показателях «рефлективности» (рисунок 11б). Последний рассчитан автором с использованием программного пакета ArcMap. Рефлективность рассчитана путем суммирования в скользящем окне числа отражающих площадок (рефлекторов) на единичную площадь сечения. Опыт ранее проведенных исследований свидетельствует о более контрастном проявлении элементов радиальной расслоенности и латеральной зональности земной коры в таком варианте представления сейсморазведочных данных [32]. На разрезе (рисунок 11б) четко выделяется две высокореклефтивные границы, связанные с границей Мохоровичича (М) и разделом верхней и средней коры (K_1).

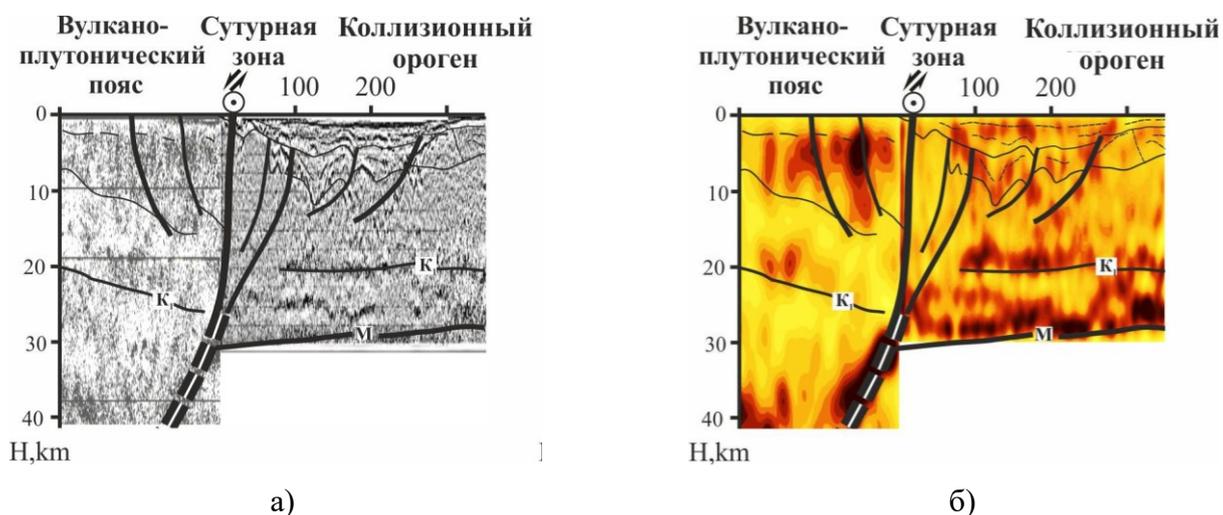


Рисунок 11 – Фрагмент профилей 2-ДВ и 2-ДВ-М: а) сейсмический разрез МОВ-ОГТ [59]
 б) сейсмический разрез в показателях рефлективности

На сейсмических разрезах уверенно прослеживается граница фундамента и картируются основные морфоструктурные особенности осадочного чехла. Глубинный канал сутурной зоны характеризуется ареалом повышенных значений рефлективности.

Помимо данных сейсморазведки для были рассчитаны 3D инверсии гравитационного и магнитного полей в программном пакете COSCAD 3D (алгоритм И.И. Приезжева, Б.А. Андреева [60, 45]). В ходе вычислений на региональном этапе рассчитывались 3-D модели до глубины 40 км. При выполнении моделирования на Северо-Охотской площади глубина построенных моделей уменьшена до 20 км ввиду ограниченного объема машинной памяти и слишком долгого

расчета моделей. Зато за счет уменьшения шага матрицы полей с 2,5 км (на региональном этапе исследований) до 500 м были выделены более локальные неоднородности земной коры.

В алгоритме И.И. Приезжева предусматривается решение обратной задачи для гравитационного поля и полного вектора магнитного поля (dT). В результате работы программы формируется расчетная сеть размером N пикетов на M профилей и заданной глубиной пересчета. Для каждой точки полученного куба рассчитаны относительная плотность источников гравитационного или магнитного поля. Затем из куба данных были вырезаны сечения вдоль заданных профилей; подбор цветовой палитры разрезов производился в программе Surfer. На рисунке 12 представлен пример выделения намагниченного тела; на разрезе контрастно проявляются глубинные разломы; осадочный чехол характеризуется пониженными значениями магнитных свойств.

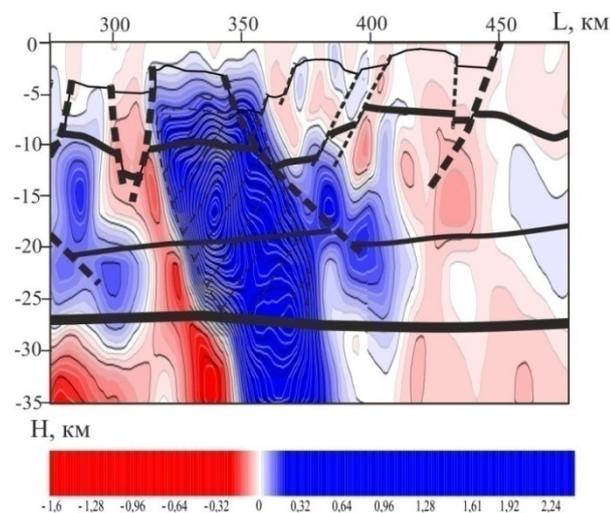


Рисунок 12 – Результат решения обратной задачи магниторазведки по алгоритму И.И. Приезжева (COSCAD 3D) и его предварительная геологическая интерпретация (сплошные линии - границы радиальной расслоенности земной коры, в том числе граница Мохоровичича; пунктирные линии - разрывные нарушения)

Алгоритм Б.А. Андреева (COSCAD 3D) позволяет решить обратную задачу, используя адаптивную энергетическую фильтрацию, энтропийную фильтрацию, медианную фильтрацию и простое осреднение в окне. В результате вычислений образуется трехмерная сеть, содержащая 3 признака и совпадающая по пикетам и профилям с исходной: 1-ый признак – эквивалентное распределение масс; 2-ой признак – распределение масс расположенных на малых глубинах (аналогично пересчету вниз); 3-ий признак – аналог пересчета вверх. На рисунке 13 представлено рабочее окно программы COSCAD 3D.

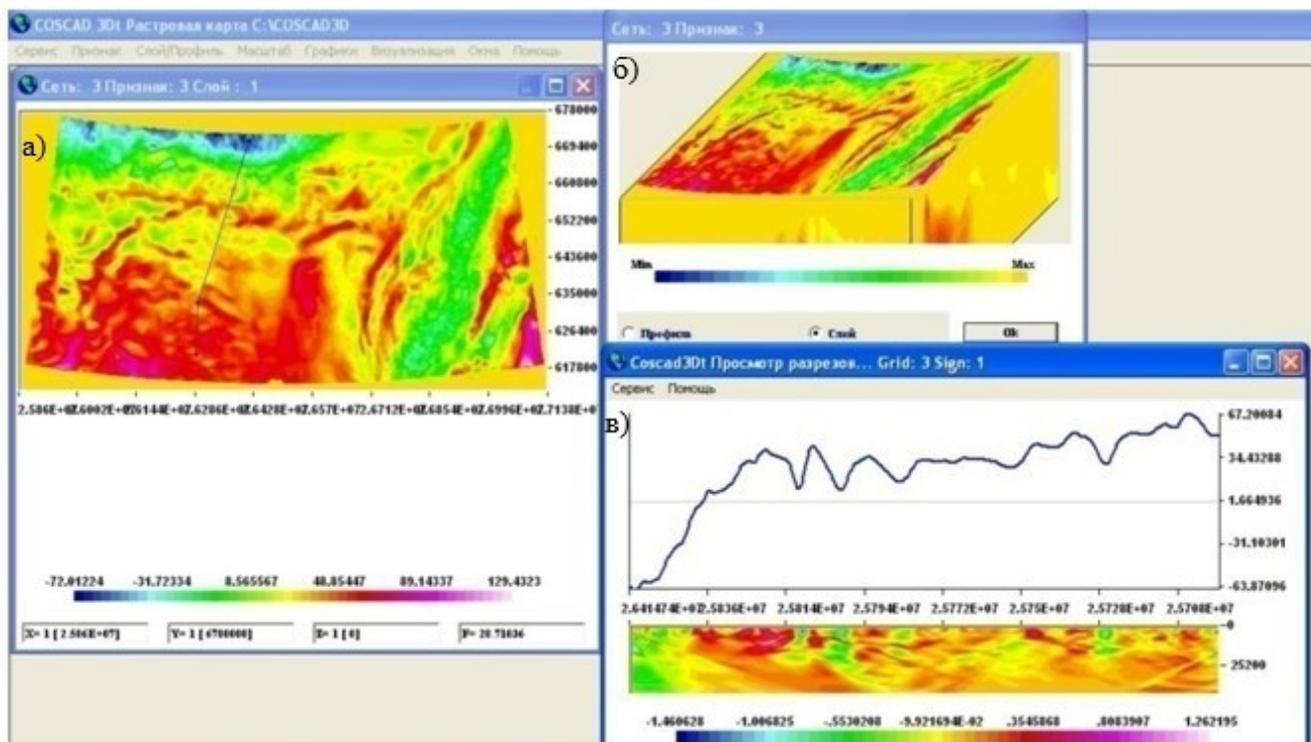


Рисунок 13 – Последовательность операций в рамках программы COSCAD 3D и в технологической увязке с инверсией гравиметрических данных по алгоритму Б.А. Андреева а – загрузка данных в виде матрицы гравитационного поля и наложение на матрицу линии расчетного сечения; б – моделирование куба данных; в – кривая dG и псевдоплотностной разрез вдоль линии сечения, рассчитанный по алгоритму Б.А. Андреева с использованием энергетической фильтрации.

На представленном фрагменте сечения (рисунок 14) показаны относительно плотные тела интрузивов Охотско-Чукотского вулканического пояса, резкой сменой значений характеризуется область сутурной зоны.

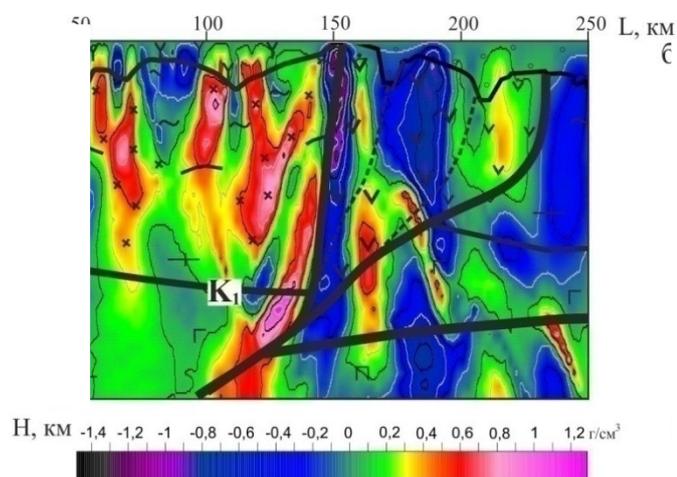


Рисунок 14 – Результат решения обратной задачи гравirazведки по алгоритму Б.А. Андреева (COSCAD 3D) (фрагмент профилей 2-ДВ и 2-ДВМ)

Кроме того был выполнен пересчет полей по алгоритму томографии М.Б. Штокаленко (ФГНПП «Геологоразведка») [4]. Алгоритм работает на основе последовательного применения макросов в Excel. Результатом являются псевдоплотностные разрезы и разрезы эффективной намагниченности. Подбор цветовой палитры производился в программе Surfer 13.0 (Рисунок 15). Главным преимуществом этого алгоритма является возможность оценки пространственного положения блоков земной коры и межблоковых зон, что является одной из задач исследований [4] (рисунок 15).

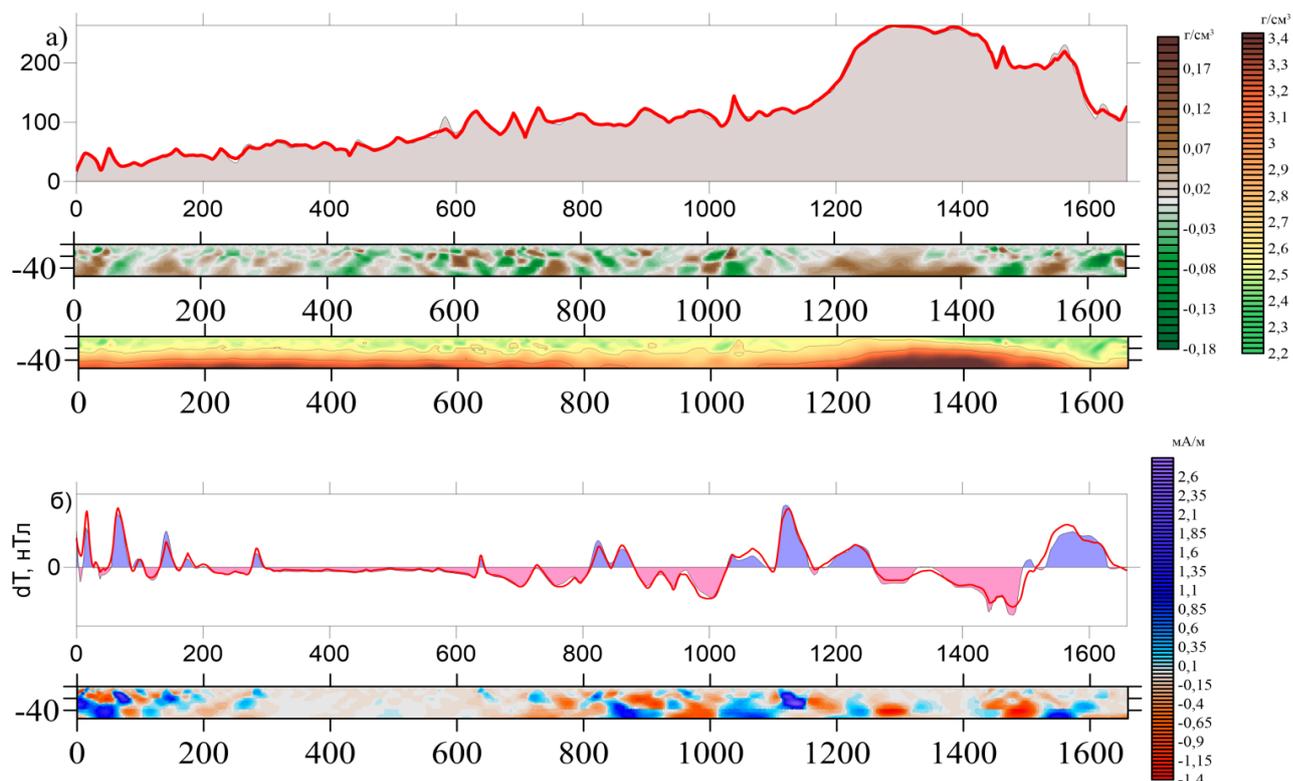


Рисунок 15 – Пример решения обратной задачи по алгоритму М.Б. Штокаленко по гравитационному (а) и магнитному (б) полям вдоль геотраверса 2-ДВ-М

Достоверность результатов, полученных с использованием алгоритма М.Б. Штокаленко подтверждается данными сейсморазведки, электроразведки и бурения на различных площадях [1, 3, 73]. К достоинствам примененного алгоритма можно отнести высокую чувствительность к слабым аномалиям, устойчивость получаемых решений и возможность применения к данным любого масштаба. В ходе дальнейшей интерпретации была показана «нормальная расслоенность» земной коры Охотоморского мегаблока, характерная для континентального типа.

К выбранным на площади исследований сечениям был применен алгоритм томографического моделирования потенциальных полей А.И. Атакова, основанный на послойном расчете глубин залегания магнито- и гравитационных источников с различной

интенсивностью и длинами волн [28].Использованная методика позволяет построить матрицу распределения свойств пород в плоскости разреза и оценить гетерогенность среды (рисунок 16).

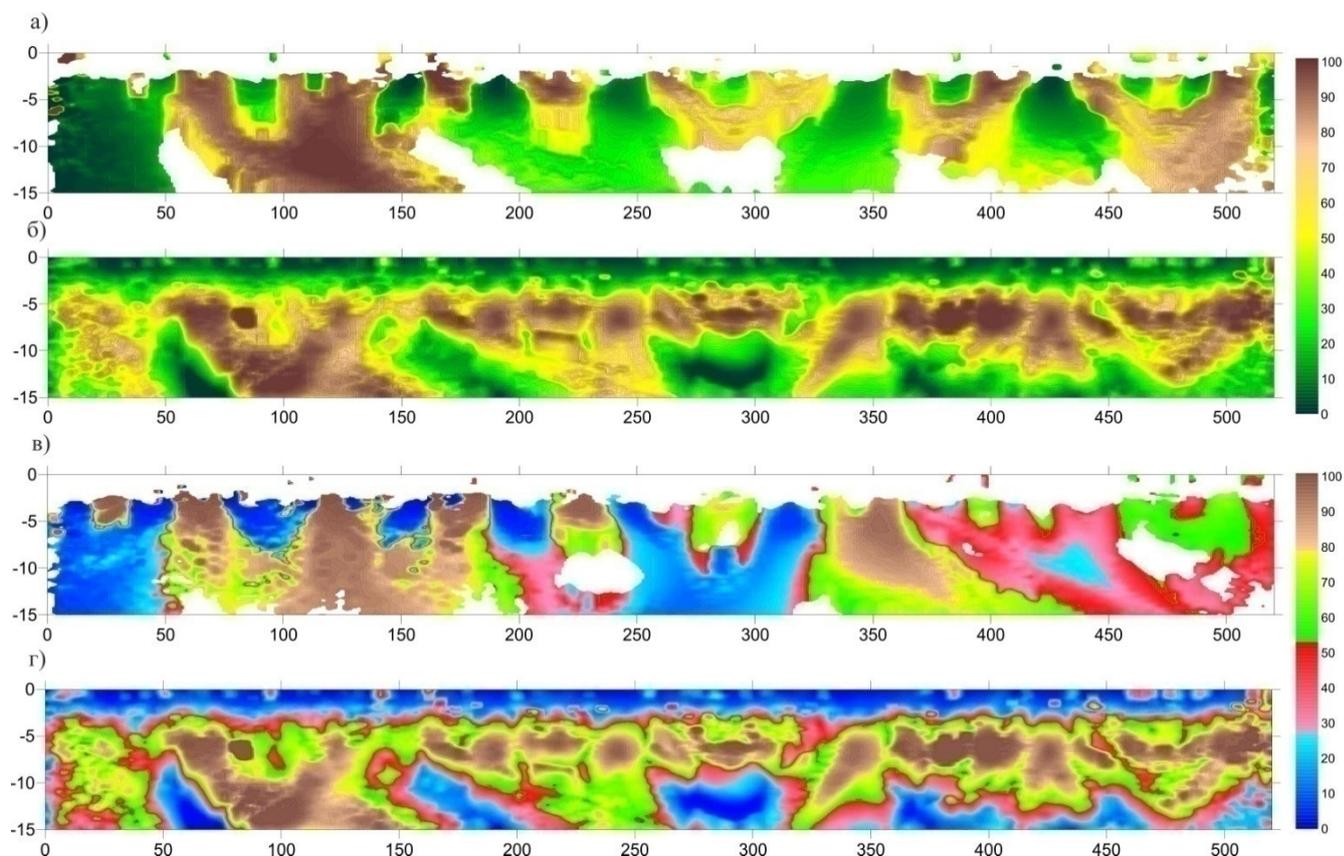


Рисунок 16 – Геофизический разрез земной коры по алгоритму А.И. Атакова

а – интенсивность источников гравитационного поля; б – плотность источников гравитационного поля; в – интенсивность источников магнитного поля; г – плотность источников магнитного поля

Данный алгоритм успешно применялся как для разработки глубинных геолого-геофизических моделей земной коры [6], так и для изучения рудных [48] и нефтегазоперспективных [19] объектов. На представленных разрезах четко проявляется блоковая структура земной коры исследуемого региона, прослеживается радиальная расслоенность внутри блоков.

Кроме того, решение обратной задачи грави- и магниторазведки было выполнено в интерпретационной системе (ИС) «Балтика» (Ю.П. Горячев). Результативность этого метода показана как на региональных, так и среднемасштабных исследованиях [20, 21]. С использованием ИС «Балтика» были получены разрез эффективной намагниченности и эффективной плотности горных пород, а также структурно-вещественный разрез, построенный на основе интеграции данных плотности, намагниченности, и имеющейся априорной сейсмической информации (рисунок 17). По результатам расчета подтверждается наличие

крупных тел интрузивов, резкая смена характера разреза в области сочленения двух крупных блоков.

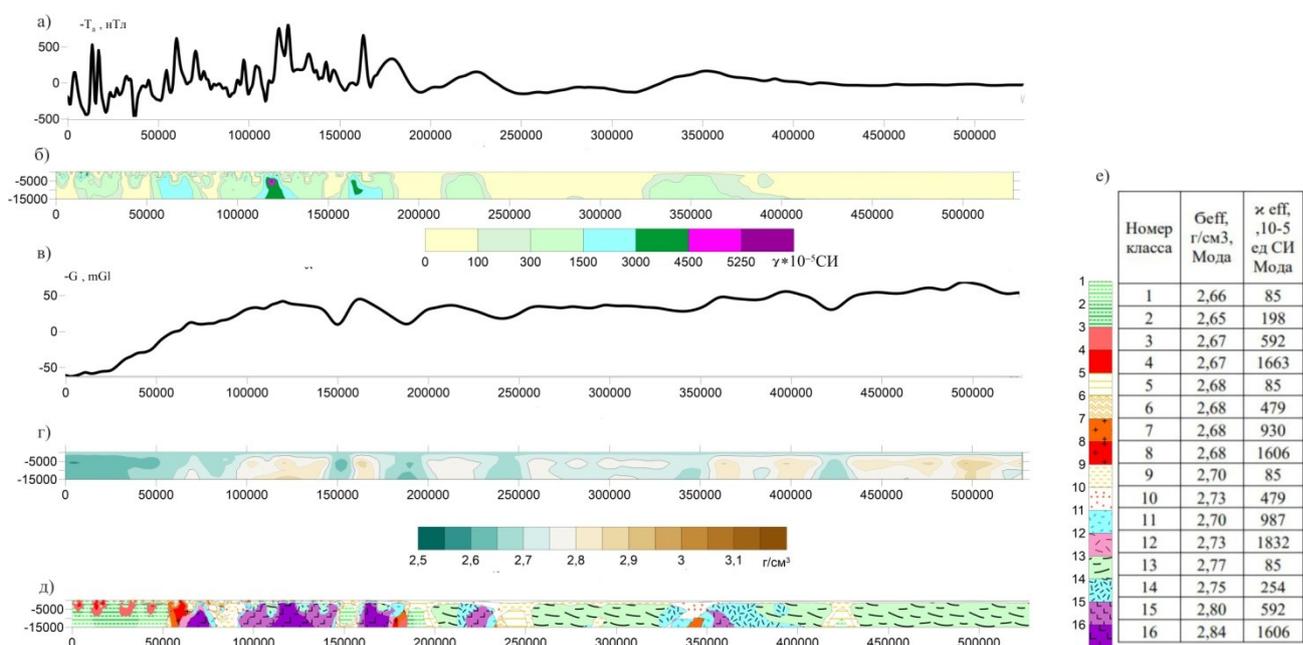


Рисунок 17 – Геофизический разрез земной коры по алгоритму Ю.П. Горячева (ИС «Балтика») а – кривая магнитного поля; б – разрез эффективной намагниченности; в – кривая гравитационного поля; г – разрез эффективной плотности; д – структурно-вещественный разрез; е – таблица классов к структурно-вещественному разрезу

На сегодняшний день широкое распространение для определения глубинной морфологии геотектонических структур получил метод определения особых точек поля, основанный на применении деконволюции Эйлера и деконволюции Вернера. Оба метода построены на решении линейной обратной задачи в скользящем окне.

Результаты применения деконволюции Эйлера представляют собой облака точек, как правило, приуроченных в плане к градиентным зонам аномального поля [7]. Методика позволяет получить сведения о глубинах расположения особых точек, соответствующих аномалиеобразующим объектам (рисунок 18). Для источников, соответствующих разрывным нарушениям и границам крупных блоков, используют тип источников «контакт» или «линейный источник». Метод позволяет выделить набор координат точек в трехмерном пространстве (x, y, z), которые соответствуют источникам аномалий [68].

В деконволюции Вернера предполагается, что исходные тела представляют собой дайки или контакты с бесконечной глубиной и, используя метод наименьших квадратов, определяются параметры тела источника в серии движущихся окон вдоль профиля [85].

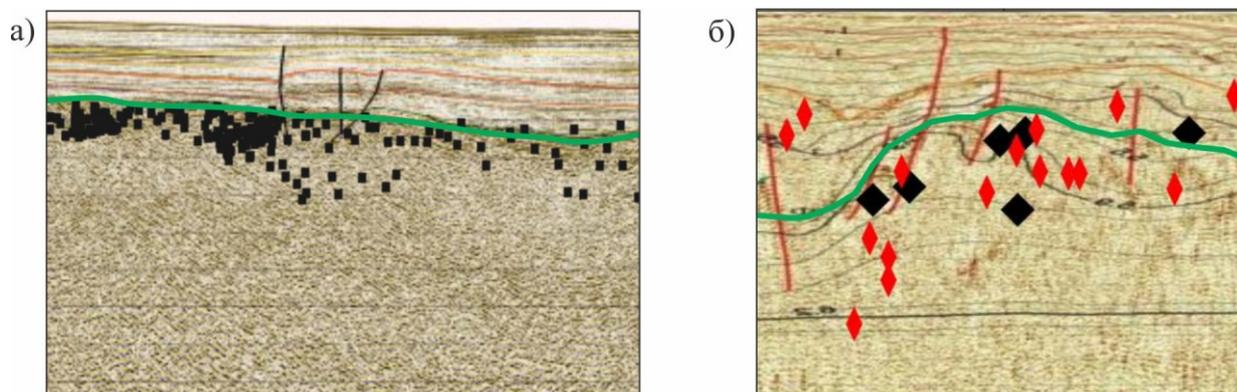


Рисунок 18 – Результаты расчета особых точек поля (зеленой линией показана поверхность акустического фундамента)

а – фрагмент сечения Магаданского прогиба с облаком точек, полученным по методу деконволюции Эйлера (по материалам АО «Дальморнефтегеофизика» с дополнениями); б – фрагмент сечения профиля 2-ДВ-М с облаком точек, полученным по методу Вернера (по материалам ФГУНПП «Севморгео» с дополнениями)

На основе полученных данных и имеющихся представлениях о геологическом строении региона исследований было выполнено моделирование структурно-вещественных комплексов земной коры в ПО Geosoft-Oasis Montaj. Главным преимуществом выполнения моделирования с использованием данной программы является возможность «вручную» контролировать положение границ основных структурно-тектонических элементов, опираясь на априорную информацию. Предварительно по данным сейсморазведки и результатам решения обратной задачи оконтуриваются блоки и межблоковые зоны, определяются глубины основных комплексов земной коры. Затем, опираясь на данные геологического картирования [15], справочные материалы о свойствах горных пород [31] производился подбор плотности и магнитной восприимчивости горных пород, слагающих разрез. При этом контроль подбора физических свойств осуществляется совмещением кривых полей снятой вдоль линии сечения и расчетной, получаемой при подборе.

2.4. Выводы по Главе 2

Разработанная методика систематизации, обработки, методной и комплексной геологической интерпретации геофизических съемок обеспечивает моделирование структурно-вещественных неоднородностей земной коры в латеральном и вертикальном измерениях, чем достигается достоверность построений геотектонических моделей северного фланга Охотской НГП. Разработанная методическая схема отражает всю последовательность сбора, систематизации, обработки, качественной и количественной интерпретации данных геофизических полей, получение конечного результата в виде карт и разрезов земной коры.

Два уровня исследований (региональный и площадной) обеспечивают целостное представление о строении Охотоморского региона и его северного фланга, как части единой геодинамической системы.

Моделирование структур в латеральном и радиальном измерениях с их взаимной увязкой как на площади, так и в разрезе дает полное представление о глубинном строении региона исследований. В латеральном измерении применен комплекс трансформаций потенциальных полей, нацеленный на выделение структурно-вещественных неоднородностей в пределах изучаемой площади. Достоверность построений геолого-геофизических разрезов вдоль опорных сечений достигается за счет комплексной интерпретации решения обратных задач грави- и магниторазведки, выполненных различными алгоритмами, и сейсморазведочных данных. Сопоставление и анализ сходимости полученных различными алгоритмами результатов решения обратных задач, существенно повышает достоверность структурных построений. Это позволяет более уверенно судить об особенностях строения земной коры, картировать глубинные границы блоков и межблоковых зон, оценивать неоднородности фундамента и осадочного чехла.

ГЛАВА 3 РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ ОХОТОМОРСКОГО РЕГИОНА И СТРУКТУР ЕГО СКЛАДЧАТОГО ОБРАМЛЕНИЯ

Весь накопленный за многие десятилетия геолого-геофизический материал по территориям Дальнего Востока и сопредельному шельфу, а также данные, полученные в результате разведки и разработки месторождений углеводородов, достаточно полно освещают основные черты строения региона. Но в тоже время, эти материалы в существенной мере разрознены и противоречивы, что требует их обобщения и тщательного анализа.

Существуют различные подходы к выполнению тектонического и нефтегазогеологического районирования территорий. При всей разнородности и кажущейся несопоставимости используемых фактических материалов их комплексная геологическая (а точнее, тектоническая) интерпретация успешно выполняется с использованием «зонально-блоковой геофизической модели земной коры». Для Охотоморского региона такой подход к выполнению районирования консолидированного фундамента использован впервые. При выделении нефтегазоносных провинций и областей главным является тектоническая и историко-геологическая общность формирования осадочных чехлов, выдержанность нефтегазоносных и перспективно нефтегазоносных комплексов и пространственное распределение месторождений нефти и газа.

На современной стадии региональных работ необходимо выполнить анализ всего комплекса ранее выполненных геологоразведочных материалов, разработать унифицированную геолого-структурную основу, отражающую особенности строения фундамента и осадочного чехла, и на этой основе провести дифференцированную оценку неразведанной части углеводородной сырьевой базы региона с выделением наиболее перспективных направлений дальнейших поисково-разведочных работ, что и определяет актуальность данных исследований.

3.1. Разработка зонально-блоковой модели строения региона

Северо-западный фланг схемы тектонического районирования консолидированной коры Охотоморского региона и структур его складчатого обрамления занимают позднекиммерийские структуры Новосибирско-Чукотской, Колымо-Омолонской, Верхояно-Колымской складчатых областей (рисунок 19а). Принципиальное значение для оценки перспектив нефтегазоносности Северо-Охотского осадочного бассейна имеют особенности глубинного строения, тектоники и геодинамики киммерийских Охотско-Чукотской коллизионно-активноокраинной и Амурской коллизионной складчатых областей, занимающих пограничное положение с Охотоморским континентальным мегаблоком.

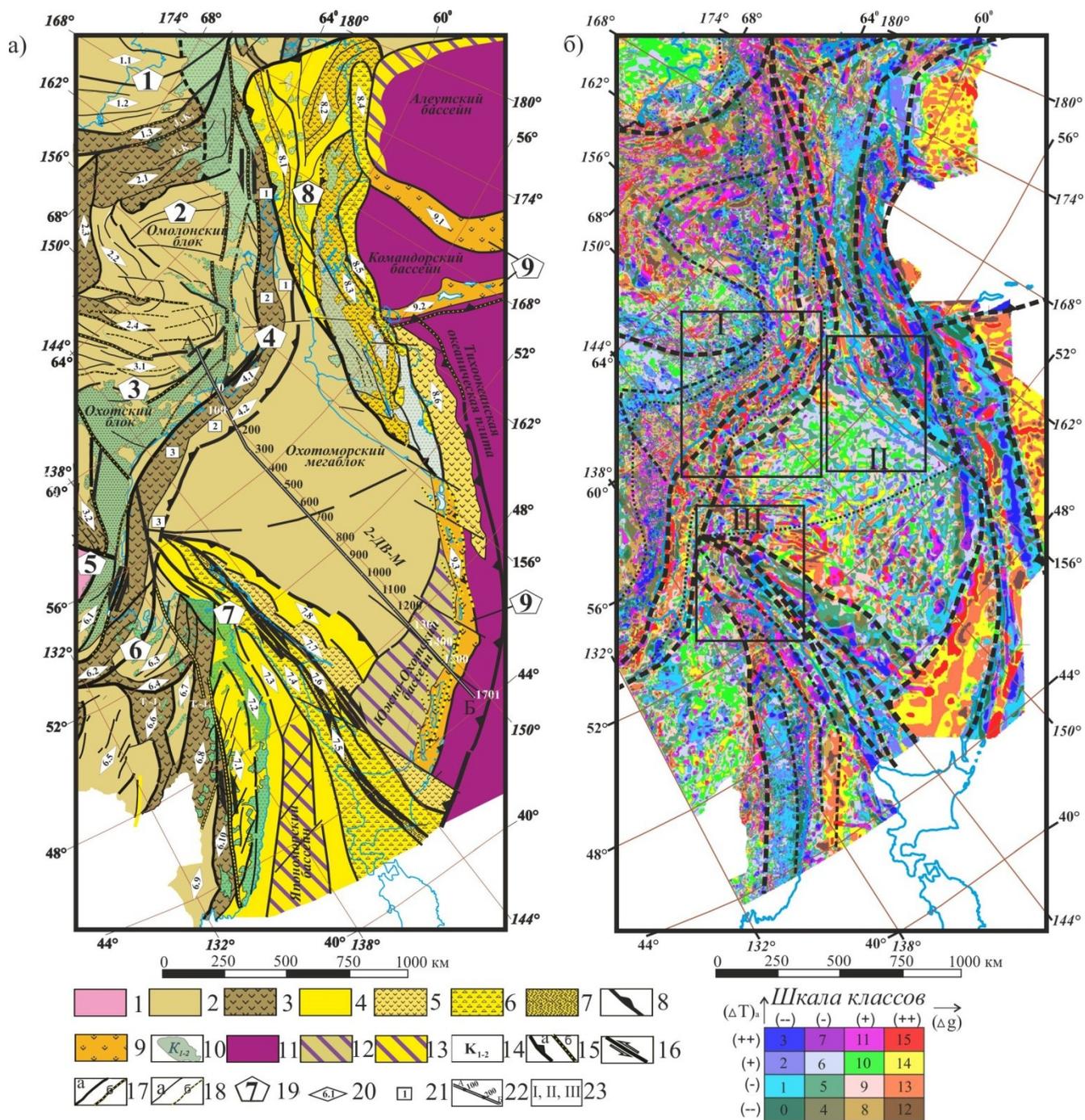


Рисунок 19 – Схема тектонического районирования консолидированной коры Охотоморского региона и структур его складчатого обрамления (а); карта безэталонной классификации локальной составляющей потенциальных полей (б)

Условные обозначения рисунка 19: 1-11 – структурно-вещественные комплексы консолидированной коры: 1 – древних платформ; 2-3 – киммерийских складчатых областей (СО) (2 – блоки, 3 – межблоковые (сутурные) мегазоны); 4-6 – альпийских СО (5 – блоки, 5-6 – межблоковые (сутурные) мегазоны (5 – выполненные нерасчлененными вулканогенно-осадочными островодужными комплексами, 6 – выполненные образованиями аккреционной призмы)); 7 – офиолиты; 8 – зона субдукции; 9 – комплексы современных островных дуг, 10 – комплексы активных континентальных окраин, 11 – комплексы

океанической коры; 12-13 – комплексы коры переходного континентально-океанического типа (12 – на киммерийском основании; 13 – на альпийском основании); 14 – возраст комплексов межблоковых зон; 15-18 – разрывные нарушения: 15 – границы складчатых областей (а–надвиговые, б–прочие), 16 – региональные сдвиги, 17 – границы структурных зон (а–надвиговые, б–прочие), 16 – второстепенные разрывные нарушения (а–надвиговые, б–прочие); 19 – индекс главных геоструктур; 20 – индекс структур; 21 – индекс сегмента; 22 – линия композитного геолого-геофизического разреза А-Б, представленного на Рисунок 23; 23 – границы контуров для Рисунок 20, 21, 22, соответственно.

Складчатые области, вулканические пояса, островные дуги и отдельные блоки и структурные зоны: 1-Новосибирско-Чукотская складчатая область (1.1 – Раучанская, 1.2 – Западно-Чукотская, 1.3 – Южно-Аньюйская); 2 – Колымо-Омолонская складчатая область (2.1 – Олойская, 2.2 – Приколымо-Омолонская, 2.3 – Полусненская, 2.4 – Уяндина-Ясачненская); 3 – Верхояно-Колымская складчатая область (3.1 – Адыга-Сунтарская, 3.2 – Южно-Верхоянская); 4 – Охотско-Чукотская коллизионно-активнооокраинная складчатая область (4.1 – Охотско-Чукотская сутурная зона (1 – Мургалский, 2 – Южно-Тайгоносский, 3 – Тауйский), 4.2 – краевой складчато-надвиговый пояс (1– Шелиховский, 2 – Примагаданский, 3 – Билибинский); 5 – Алдано-Становой щит Сибирской платформы; 6 – Амурская коллизионно-активнооокраинная складчатая область (6.1 – Становая, 6.2 – Амуро-Охотская, 6.3 – Нимеленская, 6.4 – Ульбанская, 6.5 – Буреинская, 6.6 – Баджальская, 6.7 – Горинская, 6.8 – Нижне-Амурская, 6.9 – Ханкайская, 6.10 – Самаркинская зоны); 7 – Сахалин-Сихотэ-Алиньская коллизионно-активнооокраинная складчатая область (7.1 – Центрально-Сихотэ-Алиньская, 7.2 – Восточно-Сихотэ-Алиньская, 7.3 – Татарский прогиб, 7.4 – Западно-Сахалинская, 7.5 – Мерей, 7.6 – Восточно-Сахалинская, 7.7 – Восточный Сахалин-Немуру, 7.8 – Восточно-Сахалинский прогиб; 8 – Корякско-Камчатская аккреционно-коллизионно-активнооокраинная складчатая область (8.1 – Западно-Корякская, 8.2 – Центрально-Корякская, 8.3 – Олюторская, 8.4 – Хатырская, 8.5 - Ветловско-Говенская, 8.6. Кроноцкая зоны); 9 – островные дуги (9.1 – Ширшова, 9.2 – Алеутско-Командорская, 9.3 – Курильская).

Северо-восточный и южный фланги площади исследований занимают альпийские структуры Корякско-Камчатской и Сахалин-Сихотэ-Алиньской аккреционно - коллизионно-активнооокраинных складчатых областей. На восточном фланге картируются островные дуги Ширшова, Алеутско-Командорская и Курильская, а также Тихоокеанский океанический бассейн и задуговые океанические бассейны – Командорский и Алеутский, Южно-Охотский (рисунок 19а). Контурные эти структуры маркировались в ходе исследований по характеру проявления в потенциальных геофизических полях и на картах безэталонной

классификации потенциальных полей, рассчитанных на основе интеграции карт аномальных магнитного и гравитационного полей (рисунок 196).

Киммерийские структуры. Северный и западный фланг площади исследований занимают Новосибирско-Чукотская, Верхояно-Колымская и Колымо-Омолонская складчатые области.

Новосибирско-Чукотская коллизионная область представлена структурами Северо-Восточного блока с корой континентального типа и Южно-Аньюйской сутурной зоной. Для Северо-Восточного блока характерны однородные изометричные гравитационное и магнитное поля; Аньюйская зона выделяется системой продольных линейных аномалий.

Северо-Восточный блок, включающий Раучанскую и Западно-Чукотскую зоны [43], представляет собой деформированную позднекиммерийской складчатостью южную окраину континентальной плиты Гиперборея с древней кристаллической корой с гренвильским или байкальским фундаментом [76].

Формирование *Южно-Аньюйской сутурной зоны* связывается с закрытием Южно-Аньюйского палеоокеана позднеюрско-раннемелового возраста. Разрез зоны выполнен пермскими офиолитами, на которых несогласно залегает терригенный флиш берриаса-валанжина и комплексы аккреционной призмы позднеюрско-раннемелового возраста. Коллизионный орогенез относится к раннему-позднему мелу и проявлен здесь в форме межгорных осадочных впадин и вулканоплутонических ареалов [43].

Образования восточного фланга этого коллизионного орогена перекрыты комплексами Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса.

Колымо-Омолонская складчатая область (СО) в пределах площади исследований представлена раннедокембрийским континентальным Омолонским блоком, обрамляемым сутурными зонами. В потенциальных геофизических полях однородный по характеру распределения полей Омолонский блок обрамляется линейными аномалиями сутурных зон.

В выступах кристаллического фундамента в центральной части Омолонского блока и на его флангах картируются гнейсы, амфиболиты, граниты, мигматиты архейского возраста, метаморфиты, ультрамафиты и кристаллические сланцы первично осадочного происхождения раннепротерозойского возраста. Перекрывающие их шельфовые карбонатно-терригенные (палеозой) и терригенные (мезозой) образования слабо деформированы. В пределах сутурных зон картируются образования палеозойских и мезозойских островных дуг, аккретированных в средней юре.

Восточная тектоническая граница блока со структурами Охотско-Чукотского вулканогенного пояса контрастно проявлена резкой сменой характера полей.

Верхояно-Колымская складчатая область представлена на площади исследований Адыга-Сунтарской и Южно-Верхоянской сутурными зонами, обрамляющими Охотский

континентальный блок. Формирование складчатой области связывается с последовательным причленением к окраине Сибирской палеоплиты Охотской, Омолонской и Индигиро-Алазейской палеоплит.

Охотский блок имеет, предположительно, древний раннедокембрийский фундамент, на что указывают датировки по цирконам U-Pb методом [80]. В его пределах закартированы архейские гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты, раннепротерозойские сланцы, рифейские, палеозойские и мезозойские шельфовые карбонатно-терригенные и терригенные комплексы. Осадочные комплексы смяты в складки и нарушены разломами в конце юрского и начале мелового периодов. Характерны крупные плутоны гранитоидов, формирование которых происходило одновременно с тектоническими деформациями.

Анализ пространственного распределения гравитационного и магнитного полей показывает, что Охотский блок представляет собой часть крупной палеоплиты с корой континентального типа. В потенциальных полях ареал стационарных значений полей центральной части блока обрамляется линейными зонами на его периферии. Его юго-восточная граница с Охотско-Чукотской сутурной зоной контрастно проявляется резкой сменой инфраструктуры полей. Менее четкая картина зональности геофизических полей в сравнении с Омолонским блоком позволяет предполагать, что Охотский массив в большей степени деформирован киммерийскими складчато-надвиговыми сооружениями. Широко развитые в регионе вулканические образования мелового возраста являются проявлениями активной континентальной окраины.

Вдоль границы Омолонского и Охотского блоков развиваются сдвиговые дислокации *Арктическо-Азиатской региональной сдвиговой зоны* (рисунок 19а). Последняя трассируется от хребта Гаккеля через хребет Черского неотектоническими взбросами с амплитудой до 2,0-3,1 км. Северная ветвь этих дислокаций протягивается до залива Шелихова Охотского моря и далее в Алеутскую субдукционную зону [37]. По аналогии с Северо-Американской зоной Сан-Андрес В.С. Имаев (2019) рассматривает эту структуру как классическую трансформную дислокацию, которая по простиранию изменяет свой морфокинематический тип: деформации растяжения океанического хребта Гаккеля на континенте преобразуются в левосторонний региональный сдвиг.

Охотско-Чукотская аккреционно-коллизивно-активноокраинная складчатая область сформирована в результате последовательного проявления различных геодинамических обстановок: субдукционные структуры позднемезозойского *Охотско-Чукотского вулканического пояса* активной континентальной окраины и *Охотско-Чукотский коллизивный ороген*, заложенный в области коллизивного сочленения Евразийского и Охотоморского палеоконтинентов. Для СО характерна четкая линейная зональность полей.

Охотско-Чукотский вулканический пояс (ОЧВП) сформирован в условиях субдукции литосферной плиты под край Евразийского континента. Его восточная граница маркируется Охотско-Чукотской сутурной зоной, ее глубинный канал испытывает общее погружение в западном направлении. Определение возраста вулканитов ОЧВП базируется данных U/Pb- и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -датирования и определяется как альб-сеноман. При этом для фланговых зон пояса установлена разновременность их формирования [63]. Ареал развития вулканического пояса, характеризуется повышенными значениями магнитного поля и пониженными значениями гравитационного поля.

Охотско-Чукотский коллизионный ороген сформирован в результате столкновения Охотоморской и Евразийской палеолит. Этот процесс обозначил отмирание зоны субдукции, завершение магматизма в Охотско-Чукотском вулканическом поясе, формирование Охотско-Чукотской сутурной зоны и складчато-надвиговых структур орогена.

Картирование Охотско-Чукотской сутурной зоны опирается на прослеживание в геофизических полях Северо-Мургальского и Южно-Тайгоносского сегментов этой зоны (см. Рисунок 18). Здесь выделяются позднепалеозойские пассивноокраинные комплексы, вулканогенно-терригенные образования аккреционных поясов (барремским ярус) и вулканогенные позднепермские-раннемеловые комплексы развитых островных дуг, а также габбро-перидотитовая ассоциация океанических рифтов и абиссальных равнин дна океанов. В центральной части зоны (Тауйский сегмент) картируются андезито-базальтовая и габбро-диорит-гранодиоритовая ассоциации островных дуг (нижний мел) и аккреционных поясов [43]. В потенциальных полях зоне соответствуют линейные положительные аномалии гравитационного поля (рисунок 20а); в магнитном поле – четкая линейная зональность с многочисленными высокоамплитудными положительными локальными аномалиями (рисунок 20б). Ареал развития аномалий позволяет уверенно картировать границы этой сутурной зоны на всем ее протяжении. Зона уверенно прослеживается на карте классов потенциальных полей (рисунок 20в). Присутствие комплексов аккреционных призм и островных дуг показывает развитие в раннем мелу энсиматической островной дуги.

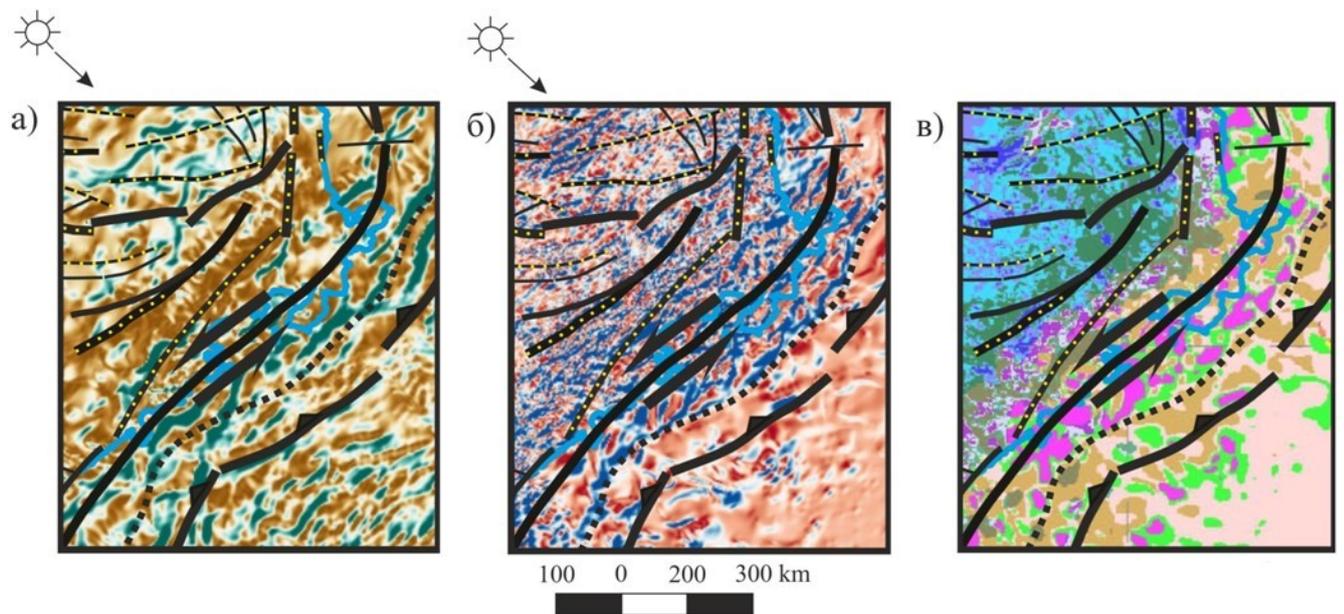


Рисунок 20 – Проявление структур Охотско-Чукотской аккреционно-коллизивно-активноокраинной складчатой области в геофизических полях а – карта псевдорельефа гравитационного поля; б – карта псевдорельефа магнитного поля; в – карта безэталонной классификации потенциальных полей (Условные обозначения тектонических дислокаций и шкала классов представлены на рисунке 19)

Существование левосдвиговой компоненты перемещений вдоль западного фланга Охотско-Чукотской сутурной зоны привело в дальнейшем к заложению рифтов типа «pull-apart» и горстов. Рифтогенное проседание земной коры в свою очередь привело к формированию вдоль окраины Евразийского континента Шантарского, Кашеваровского, Лисянского, Ямско-Тауйского, Гижигинского, Магаданского, Шелиховского и Пенжинского бассейнов. Средняя мощность чехла в этих бассейнах достигает 10 км.

Амурская складчатая область (СО) сформирована в конце мезозоя в ходе закрытия Монголо-Охотского сегмента Тихого океана при длительном коллизционном сочленении Сибирского, Сино-Корейского континентов и более мелких по размерам микроплит с заложением структур Монголо-Охотского шва, Амуру-Охотской и Ульбанской зон, Нижне-Амурской и Самаркинской сутурных зон, а также деформированных окраин Сибирского (восточный фланг Станового мегаблока [84]) и Сино-Корейского (Буреинский и Ханкайский массивы) палеоконтинентов. Пространственное распределение потенциальных полей отражает положение блоков с изометричным характером полей и межблоковых зон с линейной морфологией полей.

Становой мегаблок обладает корой континентального типа с мощным гранито-метаморфическим слоем (более 25 км) и повышенной плотностью нижней коры [1]. В

результате мезозойских коллизионных процессов на фоне древней архейской коры в его пределах закладываются гранитоидные интрузивные массивы. В поздней юре – раннем мелу на юго-восточном фланге мегаблока формируется вулканоплутонический комплекс активной континентальной окраины.

Амуро-Охотская и Ульбанская зоны заложены вдоль границ Сибирского и Сино-Корейского континентов. Для этих зон характерны чешуйчато-надвиговая структура деформаций и разнородный вещественный состав: фрагменты океанической коры, комплексы аккреционной призмы и рифтовые образования мезозойского и кайнозойского возрастов. В построениях в сечении профиля «Рубцовск-мыс Невельского» зона проявляется как мощный аккреционный клин, наклоненный в сторону Сибирской плиты [92].

Нижнеамурская сутурная зона выполнена палеозойско-нижнемезозойскими базальтами и диабазами аккреционной призмы и океаническими кремнисто-глинистыми комплексами. Эти образования интенсивно дислоцированы многочисленными разрывными нарушениями.

Фундамент *Буреинского и Ханкайского* блоков включает архейские и раннепротерозойские комплексы глубоко метаморфизованных пород. Обширный Буреинский блок проявляется изометричным характером аномалий потенциальных полей (рисунок 19б). Здесь широко проявлены коллизионные гранитоиды палеозойского и мезозойского возрастов. Выделяются палеозойские и мезозойские терригенно-карбонатные комплексы пассивных окраин и вулканогенные комплексы позднепалеозойских активных окраин.

Весьма важное заключение об истории развития региона можно сделать из факта пространственной увязки Амуро-Охотской сутурной зоны (Амурская складчатая область) и Охотско-Чукотской сутурной зоны одноименной аккреционно-коллизионно-активноокраинной складчатой области. На карте безэталонной классификации полей (рисунок 19б) видно, что линейные аномалии 14 и 15 классов (аномально высокие значения гравитационного поля и высокие и повышенные значения магнитного поля) без искажений протягиваются из Охотско-Чукотской в Амуро-Охотскую зону.

Охотоморский мегаблок с мощностью коры около 25–30 км располагается в акватории Охотского моря [62]. На дневной поверхности его северо-восточный фланг экспонируется только в пределах Западно-Камчатской зоны. Обнаружение здесь многочисленных цирконов с возрастом от архея до раннего мела, подвергшихся региональному метаморфизму в позднем мелу 77 млн лет [87], свидетельствует о континентальном типе коры мегаблока [96]. Его древний консолидированный фундамент перекрывается позднемеловым-кайнозойским чехлом, мощность которого, установленная по геофизическим данным, варьируется в пределах от 1 до 12 км. На возвышенностях фундамента закартированы гранитоиды нижнего и верхнего мела и кислые вулканиты [47, 100].

Мегаблок характеризуется изометричным характером пространственного распределения геофизических полей, которые в пограничных зонах со смежными складчатыми областями обретают элементы линейной зональности (рисунок 19б).

Впадины в пределах Охотоморского блока выполнены осадками позднемiocенового-плиоценового возраста. В акватории выделяются Северо-Охотский свод, Центрально-Охотское и Южно-Охотское поднятия, ряд прогибов (Северо-Охотский, ТИНРО, Кашеварова, Макарова и др.), а также впадины Дерюгина, Южно-Охотская [77].

Существует обоснованное мнение о причленении Охотоморского мегаблока к окраине Евразийского континента около 100 млн лет назад. Далее он перемещался в северо-западном направлении от Южно-Китайского блока вдоль границы палеоконтинента, формируя левосдвиговую тектоническую зону. Коллизионный процесс завершился позднем мелу около 77 млн лет [111], а с Сахалином в палеогене [98].

Западно-Камчатская зона имеет радикально отличающийся от других структур Камчатки разрез земной коры. Эта зона заложена на древнем континентальном основании. В научной литературе выдвигается несколько версий происхождения этого основания. Ряд исследователей полагают, что мы имеем дело с отдельным «Западно-Камчатским микроконтинентальным блоком» [12, 74, 82]. Другие предполагают, что Западно-Камчатская зона входит в состав Охотского мегаблока [87, 96]. В пользу этого заключения, с нашей точки зрения, свидетельствует однотипный с северным флангом Охотоморского блока характер проявления зоны в потенциальных геофизических полях (рисунок 21): здесь отмечается в целом слабо повышенное гравитационное поле и пониженное магнитное поле, что подтверждает вывод о континентальной природе ее коры. В тоже время инфраструктура геофизических полей с элементами продольной зональности отдельных линейных гравитационных и магнитных аномалий говорит о проявлении здесь альпийских тектонических деформаций.

На дневной поверхности в пределах западного фланга зоны картируются терригенные комплексы континентального склона от верхнего мела до эоцена [43, 83]. Древнейшие породы здесь представлены верхнемезозойскими высокометаморфизованными породами срединного комплекса, состоящего из гранулитов, амфиболитов, мигматитов и гранитов, которые обнажаются в южной части Срединного хребта. Самая молодая фаза метаморфизма и кислого гранитного магматизма здесь происходила в раннем эоцене 47–55 млн лет назад [87]. Эти процессы связываются с обдукцией Олюторского островодужного комплекса и океанической коры на окраину Западно-Камчатского блока. Время аккреции на юге Камчатки относится к интервалу 55–50 млн лет назад [83].

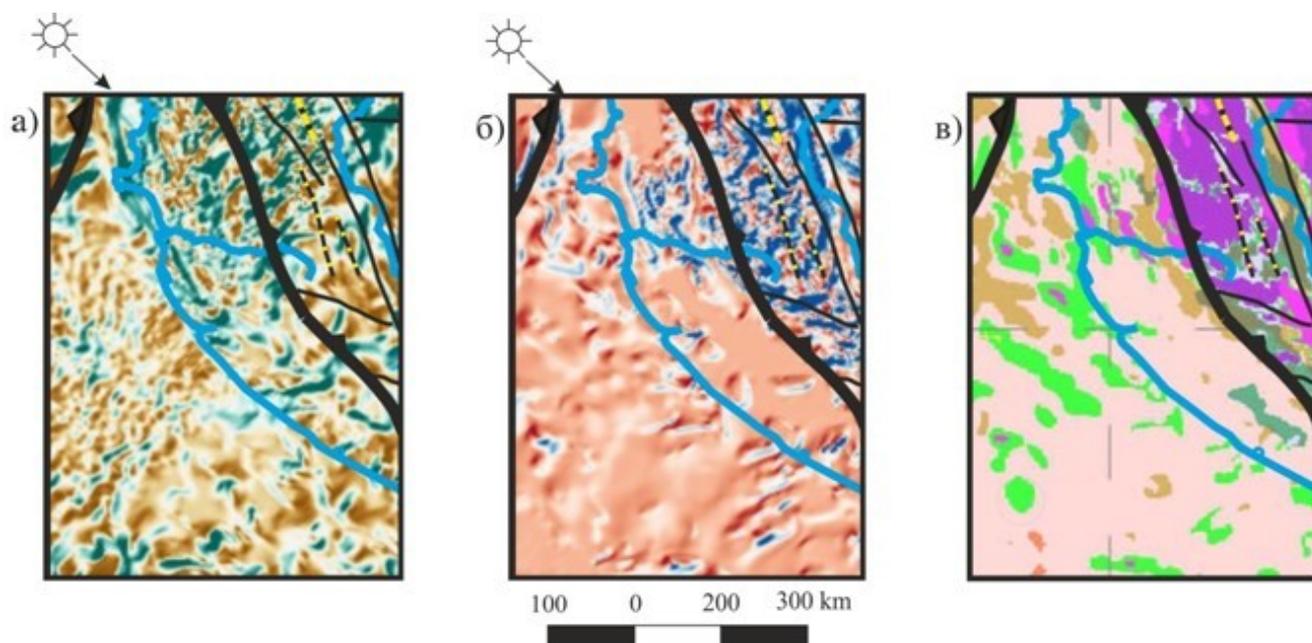


Рисунок 21 – Проявление в геофизических полях структур Западной Камчатки и северной части Охотоморского мегаблока

а – карта псевдорельефа гравитационного поля; б – карта псевдорельефа магнитного поля; в – карта безэталонной классификации потенциальных полей (Условные обозначения тектонических дислокаций и шкала классов представлены на рисунке 19).

Следует отметить, что в пределах Срединного массива обнаружены обломочные цирконы неметаморфизованного фундамента, изучение которых дает архейский (2900–2500 млн лет), раннепротерозойский (1700–2100 млн лет), ордовикско-ранне-юрский (460–175 млн лет), а также поздне-юрский - ранне-меловой (150–96 млн лет) возраст [87]. Эти факты также свидетельствуют в пользу заключения о континентальном типе коры Западно-Камчатской зоны.

Альпийские структуры

Корякско-Камчатская аккреционно-коллизивно-активноокраинная область сформирована в ходе коллизивных и активноокраинных орогенных процессов. В ее разрезе выделяются микроплиты с древней континентальной корой, меловые офиолиты, образования позднемезозойских и кайнозойских аккреционных призм и островных дуг. Последние причленились к окраине Евразийского континента начиная с мелового периода [43]. В настоящее время эта геоструктура развивается в режиме вулканической дуги активной континентальной окраины, связанной с субдукцией Тихоокеанской плиты вдоль Камчатского желоба. В фундаменте Камчатки традиционно выделяется четыре структурных зоны: Западно-Камчатская, Олюторская, Ветловско-Говенская и Кроноцкая островодужная зона (рисунок 19а). Их формирование связывается с последовательным причлениением Олюторской и Кроноцкой островных дуг, перемещением зоны субдукции в сторону Тихого океана с формированием

вулканических поясов и преддуговых прогибов, уверенно картируемых на различных тектонических схемах [82, 83]. Эти структуры контрастно проявляются в потенциальных полях (рисунок 196). В Корякской части складчатой области наиболее контрастные линейные аномалии отвечают положению сутурных зон. В пределах Камчатки поля отражают четкую продольную зональность основных структур.

Олюторская островодужная зона выполнена образованиями островной дуги и офиолитами верхнего мела-нижнего палеогена. Островодужные образования представлены базальтами и андезитами, а также туфами, вулканокластическими песчаниками и алевролитами, кремнями и яшмами. Офиолиты представлены перидотитами, габбро и диабазами. Они имеют возраст по циркону ~ 76–72 млн лет. Обдукция Олюторской дуги на Западно-Камчатский блок в северо-восточном направлении произошла: 55–50 млн лет на юге Камчатки и до ~ 45 млн лет на севере [81, 83, 96]. Восточный фланг Олюторской зоны структурно перекрывает палеогеновую аккреционную призму Ветловско-Говенской зоны. Отмечены обдуцированные покровы офиолитов Олюторской зоны в Корякии и на Восточной Камчатке.

Ветловско-Говенская зона картируется восточнее Олюторской зоны. Их пограничный надвиг северо-западного падения состоит из серпентинитового тектонического меланжа, содержащего ультраосновные породы, габбро и осадки. Зона выполнена образованиями палеогеновой аккреционной призмы, накопленными в ходе субдукции океанической литосферы (с северо-западным падением), происходившей от среднего эоцена до плиоцена [83].

Кроноцкая островодужная зона, картируемая на восточном фланге Камчатского полуострова, прослеживается по геофизическим данным в акватории Тихого океана (рисунок 196). Линейный характер ее проявления в магнитном и гравитационном полях весьма сходен с проявлением Курильской островной дуги. Предполагается, что Кроноцкая островная дуга развивалась с позднего мела (~85 млн лет) до среднего эоцена (~ 40 млн лет). Ее приращение к восточной окраине Камчатки относится к позднему миоцену. Верхний предел возраста столкновения дуги с континентом оценивается по миоцен-плиоценовым вулканитам (10–5 млн лет назад) [81, 83, 105].

Океанические и островодужные структуры

В пределах северо-западной части Тихого океана и окраинных бассейнов Японского, Охотского и Берингова морей развиваются Японская, Курило-Камчатская и Алеутская субдукционные зоны и островные дуги. Субдукционные зоны отделены от Евразийской или Северо-Американской континентальных плит Алеутской, Командорской и Южно-Курильской океаническими котловинами, а также действующими и неактивными вулканическими дугами.

Алеутской котловине с корой океанического типа отвечает крупнейший глубоководный бассейн Берингова моря. Принимая во внимание аномально высокие значения гравитационного

и магнитного полей (рисунок 19б), вывод авторов "Тектоника Азии" (2021) о коре "задугового бассейна" этой структуры, также как и Командорского, требует более детального уточнения. Структура в целом проявляется аномально высокими значениями гравитационного и магнитного полей (рисунок 19б). В западных окраинных частях, судя по локализации положительных магнитных аномалий на фоне пониженного гравитационного поля, можно предположить переходный континентально-океанический тип земной коры.

Формирование коры центральной части котловины связывается со спредингом морского дна, что определяет формирование здесь полосовых магнитных аномалий [90, 103]. Получены возрастные оценки этих аномалий от ~ 128-138 млн лет. В ряде исследований обосновано их соответствие хронам 34 (~84 млн лет) и 32 (~71 млн лет). Установлено, что амфиболиты, метагаббро, вулканические и осадочные породы океанической коры, имеющие возраст от верхнего мела до палеоцена подверглись интенсивной деформации [99].

Эти факты позволяют высказать предположение о том, что верхняя кора окраин впадины имеет несколько отличный от остальной океанической части Алеутской котловины тип коры.

Расположенный южнее *хребет Ширшова*, считающийся остатком энсиматической островной дуги, морфологически проявляется как подводная гряда протяженностью около 550 км. Западный фланг хребта примыкает к материковой части Азии у мыса Олюторский. Датирование островодужных пород хребта Ширшова с использованием $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ метода дало возраст 65–69 млн лет [22, 70].

Командорская океаническая котловина характеризуется развитием океанических магнитных аномалий [9], возраст которых оценивается интервалом от 10 и 20 млн лет. Базальтовая порода со дна бассейна датирована возрастом $9,3 \pm 0,8$ млн лет [97].

Алеутская островная дуга отделяет Берингоморский окраинный морской бассейн от Тихоокеанского океанического бассейна. Тихоокеанская плита погружается в северном направлении под Северо-Американскую плиту, формируя классическую зональность энсиматической островной дуги от глубоководного желоба до задугового бассейна. Изохронный возраст островной дуги по $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ равен $46,3 \pm 0,9$ млн лет для андезитов и $46,2 \pm 1,5$ млн лет для толеитовых базальтов западных Алеутских островов. Амфиболы в амфиболитах из океанического комплекса по K/Ar дают 47 ± 5 млн лет, а цирконы – $72 \pm 1,4$ млн лет. Начало субдукции в Алеутской зоне относится ко времени ~ 50 млн лет назад [109].

Кроноцкая внутриокеанская островная дуга, картируемая на восточном фланге Камчатского полуострова и ее прибрежной океанической зоне, заложена ~ 85 млн лет назад. Ее столкновение с Камчаткой относится ко времени ~ 10–5 млн лет [83, 96]. Границы этой структуры в прибрежной зоне Камчатки проведены по особенностям проявления в потенциальных геофизических полях: интенсивные положительные линейные аномалии

гравитационного и магнитного полей на фоне области повышенных значений магнитного и пониженного гравитационного полей (рисунок 19б).

Курильская островная дуга, формирование которой вызвано субдукцией Тихоокеанской плиты под Охотоморский мегаблок Евразийского континента, протягивается от Камчатки до Японских островов. Эта дуга развивалась в период от позднего олигоцена до раннего миоцена. Самые древние магматические породы датируются здесь ранним олигоценом [11, 52, 104]. Результаты драгирования пород подводных хребтов свидетельствуют о том, что современная Курильская дуга была построена на коре палео-дуги Восточного Сахалина-Немура. Ареал развития островной дуги очерчен нами по тем же особенностям проявления в потенциальных полях, что и Кроноцкая островная дуга (рисунок 19б).

Курильская энсиалическая островная дуга с запада граничит с Южно-Охотской котловиной по системе сложных сбросов со сдвиговой компонентой. Ее восточной границей является Курило-Камчатский глубоководный желоб [11].

Южно-Охотская котловина протяженностью 750 км с максимальной шириной 300 км была заложена от 23 до 9 миллионов лет назад. Согласно исследованиям И.П.Косминской и ее последователей, котловина характеризуется океаническим (они назвали его "субокеаническим", подразумевая: близким к океаническому) типом земной коры. Он расположен в задуговой области Курильской островной дуги в южной части Охотского моря.

Аналогичный тип коры "задугового бассейна", основанный на широком спектре глубинных сейсмических исследований, гравитационным и магнитным данным, тепловом потоке, сейсмологии, определен и для Японского моря [44].

Курило-Камчатский глубоководный желоб на границе островной дуги с Тихоокеанской плитой локализован на глубине более 10 км. Его ширина варьируется от 50 до 100 км, а наклон бортов желоба оценивается в среднем 7° . Склоны желоба осложнены разломами, тектоническими уступами и ступенями [64]. Мощность осадков в районе о-ва Уруп составляет 2 км. Граница Мохо картируется на глубинах 13-18 км.

Еще в 1946 г А.Н. Заварицкий (1946) установил существование фокальной зоны очагов землетрясений, падающей в сторону континента под углом около 40° на глубину до 700 км. Там, где фокальная зона подходит к земной поверхности на расстояние 100-150 км, развивается островная дуга. В зоне погружения океанической коры Тихоокеанской плиты в мантию сформированы элементы аккреционной призмы.

Сахалино-Сихотэ-Алиньская коллизионно-активнооокраинная складчатая область сформирована в результате позднемезозойской аккреции Тихоокеанской океанической плиты под Сахалинскую окраину Евразии (рисунок 22). В ходе субдукции происходит приращение островной дуги и развитие кайнозойской активной континентальной окраины. В этот период

происходило заложение вулcano-плутонического пояса позднемелового-палеогенового возраста на Сихотэ-Алине. С проявлением растягивающих напряжений в тыловой зоне активной окраины связывается заложение рифта Татарского пролива, расколовшего Аноуйскую континентальную плиту на западную (Сихотэ-Алиньскую) и восточную (Сахалинскую) части.

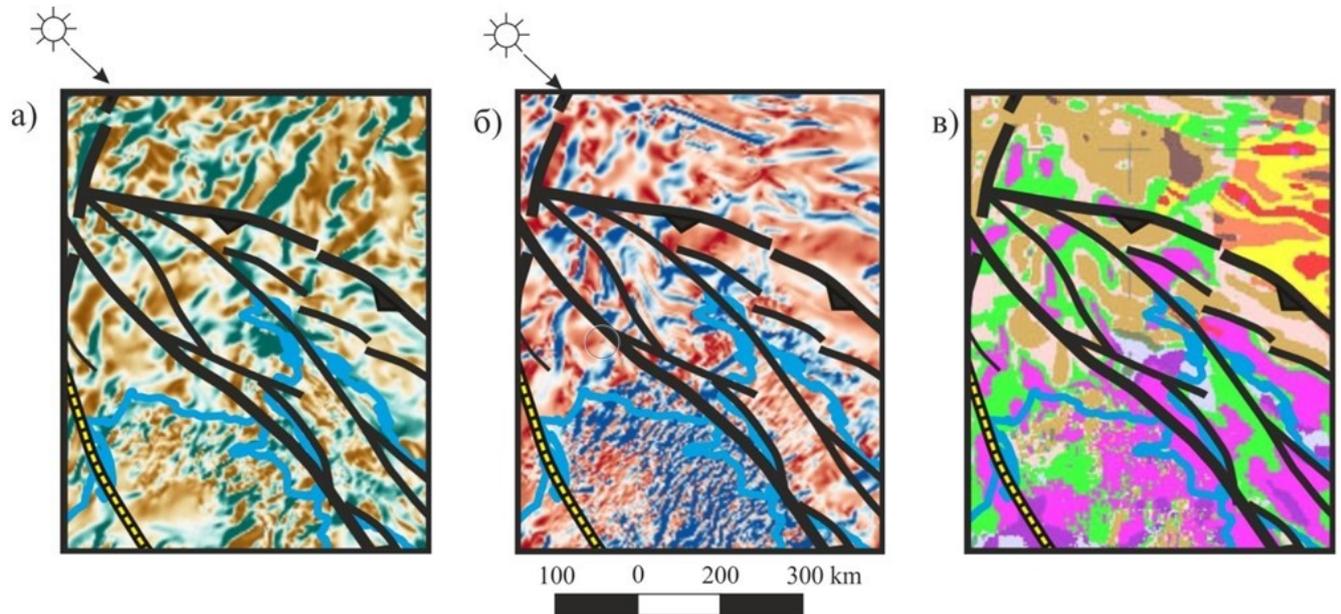


Рисунок 22 – Проявление в геофизических полях структур Северо-Сахалинской –

Сихотэ-Алиньской коллизионно-активноокраинной складчатой области

а – карта псевдорельефа гравитационного поля; б – карта псевдорельефа магнитного поля; в – карта безэталонной классификации потенциальных полей (Условные обозначения тектонических дислокаций и шкала классов представлены на рисунке 19).

Центрально-Сихотэ-Алиньский блок с корой континентального типа характеризуется двухслойным строением кристаллического фундамента. Наиболее древние комплексы метаморфических пород обнажаются в пределах Хорского и Аноуйского выступов. На севере в Баладекском выступе картируются архейские анортозиты и протерозойские гранито-гнейсы. Нижний вулканогенно-осадочный слой имеет скоростные параметры, указывающие на его вулканогенный состав. Строение верхних стратиграфических уровней земной коры обусловлено тектоно-магматическими процессами на позднемеловой-палеогеновой активной окраине Хоккайдо и Сахалина [95].

Восточно-Сихотэ-Алиньский вулcano-плутонический пояс заложен в середине позднего мела. Он сложен мощными (до 6 км) кислыми и средними эффузивами с широким развитием в палеогене игнимбригов, сменившихся в неогене и раннем плейстоцене андезит-базальтами и базальтами. С вулканитами тесно связаны интрузивы от габбро и диоритов до гранитов и щелочных гранитов. Для пояса характерны положительные линейные аномалии гравитационного и магнитного полей на фоне изометричных положительных аномалий

магнитного поля и пониженных значений гравитационного поля (рисунок 22). Все меловые и палеогеновые вулканиты смяты в простые брахиморфные складки и только неоген-четвертичные базальты залегают горизонтально.

Татарская зона является внутриконтинентальной рифтовой структурой шириной около 50 км, перекрытой мощной (до 8–10 км) толщей мезозойско-кайнозойских осадков. Рифт отделяется от смежных структур Сихотэ-Алиня и Западного Сахалина глубинными разломами. Сбросовые и взбросовые дислокации восточного фланга рифта круто (до 50–80°) наклонены на запад. В фундаменте по сейсмическим данным моделируется гранито-метаморфический слой со скоростью продольных волн 5,8–6,2 км/с. Повышенный тепловой поток и пониженная скорость продольных волн по поверхности Мохо (7.4–7.6 км/с) отвечают радикальному сокращению мощности коры. Рифт является северным продолжением спредингового центра, расположенного в глубоководной котловине Японского моря. Считается, что спрединговые процессы, сопровождавшиеся излияниями базальтовых лав, продолжались здесь еще 25–15 млн лет назад [98]. Начиная с середины олигоцена – до миоцена в Татарском проливе происходило растяжение земной коры в результате рифтинга, сопровождавшееся процессами базальтового вулканизма.

Для Сахалина в целом характерны аномально высокие значения магнитного поля при пониженных значениях гравитационного, что подтверждает вывод о континентальном типе разреза земной коры с обдущиванием офиолитов, комплексов островных дуг и аккреционных призм в условиях столкновения с окраиной Евразии. Анализ полей показывает, что юго-западная часть Охотоморской плиты деформирована альпийской складчатостью и ее следует включить в состав рассматриваемой складчатой области.

Западно-Сахалинская зона рассматривается в качестве северного фланга пояса центрального Хоккайдо. Формирование здесь образований аккреционного клина связывается с субдукцией океанической плиты под азиатскую окраину. Апт-палеоценовые турбидитовые толщи Западно-Сахалинского пояса коррелируют с преддуговыми отложениями пояса Сорачи-Езо [33].

Зона офиолитового шва Мерей Южного Сахалина рассматривается в качестве северного продолжения зоны Идоннаппу и пояса Сорачи-Езо острова Хоккайдо. Пояс Сорачи-Езо состоит из среднеюрских и меловых аккреционных комплексов, офиолитов и метаморфических пород, несогласно перекрытых морскими осадками от мела до палеоцена. Офиолиты и аккреционные комплексы шовной зоны Идоннаппу, образуют восточную окраину пояса Сорачи-Езо. В северном направлении эта сутурная зона по геолого-геофизическим данным прослеживается до офиолитового комплекса полуострова Шмидта на крайнем севере Сахалина.

Восточно-Сахалинская зона, являющаяся продолжением на север зоны Хидаки острова Хоккайдо, выполнена породами аккреционного комплекса (от среднего мела до палеоцена),

метаморфическими породами и офиолитовым меланжем с тектоническими пластами пермско-поздне меловых пород [33, 43]. Их современное положение связывается с обдукцией Восточно-Сахалинской островной дуги в западном направлении.

Зона Восточный Сахалин – Немуро (Хоккайдо) заложена вдоль восточного фланга Восточно-Сахалинской зоны. На полуостровах Тонин - Анива и Терпения картируются образования внутриокеанской островной дуги верхнего мела-палеогена. Он отделяется от Евразии региональным сдвигом.

Восточно-Сахалинский прогиб сформировался в результате столкновения Восточно-Сахалинской островной дуги с Охотоморской плитой в период от 50 до 38 млн лет назад. Предполагается, что в результате палеогеновой аккреции Охотоморского геоблока с Сахалином были сформированы наклоненные на запад структуры северо-восточной Японии и Сахалина. Характерной чертой внешних зон является их расположение на той же континентальной коре, что и фундамент прилегающей платформы.

Разрывные нарушения

Главные тектонические дислокации маркируют границы разновозрастных складчатых областей региона. В большинстве случаев они имеют надвиговую кинематику. Например, северная и западная границы Корякско-Камчатской складчатой области с киммерийскими структурами Колымо-Омолонской складчатой области и Охотоморского мегаблока. Надвиговой характер краевых дислокаций предполагается для восточного крыла Охотско-Чукотской и северного крыла Сахалин-Сихотэ-Алиньской складчатых областей. Надвиговые нарушения моделируются на границах сутурных зон и блоков практически всех складчатых областей региона.

Рассматриваемый регион характеризуется широким проявлением сдвиговых дислокаций [72]. Наиболее контрастной региональной сдвиговой границей здесь является Арктико-Азиатская сдвиговая зона, протягивающаяся от хребта Гаккеля в море Лаптевых через хребет Черского, Охотское море и Камчатский полуостров в направлении Алеутской субдукционной зоны. Эта левосдвиговая структура рассматривается как граница Северо-Американской и Евразийской литосферных плит. Ее заложение и обособление относится к началу кайнозоя и обусловлено с раскрытием Евразийского бассейна. На нашей площади исследований (рисунок 19) зона трассируется вдоль границы Колымо-Омолонской и Верхояно-Колымской складчатых областей как система субпараллельных линейных дислокаций, контрастно проявляющихся в геофизических полях и современном рельефе. Далее на фоне субмеридиональных структур Охотско-Чукотской и Корякско-Камчатской складчатых областей дислокации зоны трассируются до Алеутского глубоководного желоба.

Южная ветвь Арктико-Азиатской сдвиговой зоны предположительно пересекает ареал тектонических деформации западного фланга Охотско-Чукотского вулканического пояса и замыкается на Охотско-Чукотский сдвиг (рисунок 19).

Охотско-Чукотский региональный левый сдвиг, развивающийся вдоль северо-западного фланга Охотско-Чукотской сутурной зоны, уверенно прослеживается комплексом геофизических методов по смене инфраструктуры гравитационного и магнитного полей (рисунки 19, 20). Для северного фланга Монголо-Охотского шва также характерно развитие левосдвиговых дислокаций, имеющих неотектоническое проявление.

Центрально-Сихотэ-Алиньский сдвиг интерпретируется как региональный левый сдвиг, смещающий Амурскую структуру на 200-250 км. В латеральном измерении система оперяющих дислокаций достигает ширины 100 км и хорошо проявляется в геофизических полях.

Зоны правого сдвига Сахалин-Хоккайдо заложены после обдукции островной дуги Восточный Сахалин-Немуро в позднем эоцене. Параллельно развиваются Тым-Поронайский разлом, пересекающий с севера на юг центральную часть Сахалина, Татарский пролив и западную часть Охотского моря. По оценкам Fournier et al. (1994) правые смещения, развивавшиеся с миоцена по сдвиговым разломам в горах Восточного Сахалина, достигли минимум 50 км.

3.2. Особенности глубинного строения структур фундамента и осадочного чехла в сечении сводного разреза по линии А-Б

Охотско-Чукотский вулканический пояс. В сечении опорного разреза вулканы пояса, подстилаемые деформированными осадками мезозойского и палеозойского возрастов, перекрывают Охотский блок с корой континентального типа мощностью до 50 км (рисунок 23). В разрезе выделяются нижнекоровый слой (до 22 км) со скоростями 6.5-6.8 км/с и верхнекоровый слой мощностью в 16-18 км со скоростями 6.2-6.4 км/с [65]. При моделировании северной части профиля плотности пород основания, на котором сформирован вулканический пояс, определены 2.75 г/см^3 для верхнего слоя древних деформированных осадков, 2.85 г/см^3 для средней коры и 3.0 г/см^3 для нижнекорового слоя. Интрузивный магматизм представлен преимущественно кислыми породами, широко распространены крупные гранитные батолиты.

Охотско-Чукотский коллизионный ороген. На разрезе земной коры сутурная зона моделируется в форме клиновидной структуры с узким погружающимся в западном направлении глубинным каналом. Эта шовная структура проявляется на разрезе резким изменением мощности коры от 50 км до 30 км. Вдоль западного фланга сутуры развивается региональная сдвиговая зона. Восточный фланг этой левосдвиговой зоны развивается в обстановке растяжения, определяющей конфигурацию, мощность и наполнение кайнозойских осадочных

бассейнов. На севере Охотского моря сутурная зона перекрывается Магаданской впадиной, имеющей значительную мощность с горизонтально выдержанными слоями.

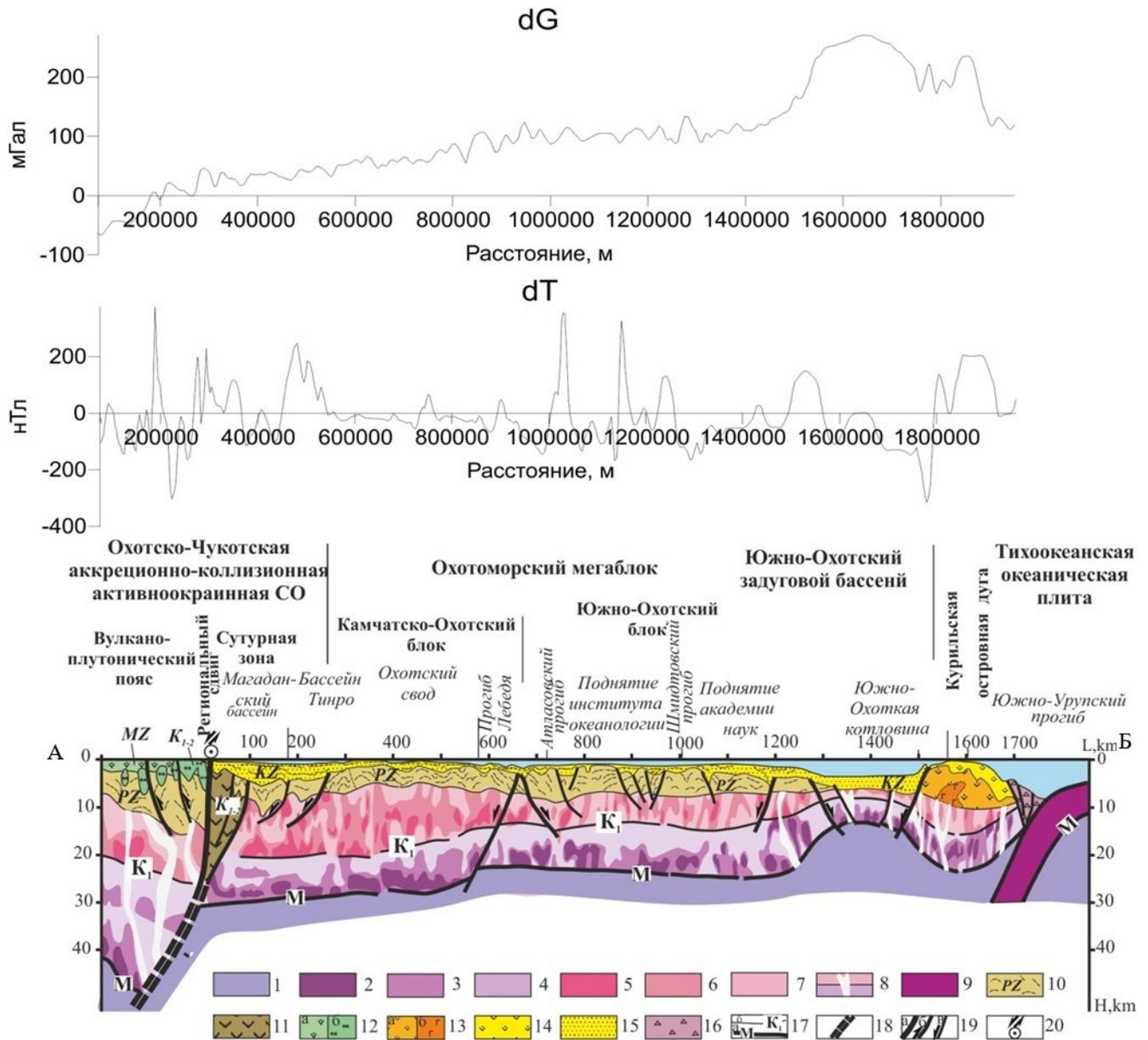


Рисунок 23 – Глубинный геолого-геофизический разрез в сечении сводного разреза и его проявление в гравитационном (dG) и магнитном (dT) полях

Условные обозначения рисунка 23: 1-16 – структурно-вещественные подразделения литосферы: 1- верхняя мантия; 2 – 4 – нижняя кора, дифференцированная по параметру «рефлективность» (2- высокая, 3- повышенная, 4- средняя); 5-7 – верхнекоровый (гранито-гнейсовый) слой, дифференцированный по параметру «рефлективность» (5- высокая, 6- повышенная, 7- средняя); 8 – ареалы пониженной рефлективности кристаллической коры; 9-океаническая кора; 10 – деформированные осадки консолидированного фундамента; 11-комплексы древних островных дуг и аккреционных призм в составе сутурных зон; 12-

осадочно-вулканогенные комплексы активной континентальной окраины и платформенного чехла (а) и интрузивные массивы; 13- слабо литифицированные осадочно-вулканогенные комплексы (а) и интрузивные массивы островной дуги (б); 14-современные осадки и вулканиты островной дуги; 15-осадочные комплексы платформенного чехла; 16- комплексы аккреционной призмы; 17 – границы радиальной расслоенности земной коры, в том числе подошва земной коры (а) и подошва гранито – гнейсового слоя (К1); 18 – глубинный канал Охотско-Чукотской сутурной зоны; 19 – разрывные нарушения (а - глобальные, б - региональные, в - второстепенные); 20 – метка глобальной левосторонней сдвиговой зоны.

Охотоморский мегаблок. Его верхняя кора (гранито-гнейсовый слой) имеет скорости продольных волн 5.7-6.3 км/с; нижняя кора – 6,5-6,9 км/с. Мощность коры, уменьшается в направлении от континента к Курильским островам, что предположительно связывается с воздействием субдукционной зоны и проявлением мантийного диапира [44]. Мегаблок разбивается глубинным разломом на два блока, глубинное строение которых существенно различается. Северный - Камчатско-Охотский блок, характеризуется относительно небольшими глубинами моря и проявляется знакопеременными слабо повышенными гравитационным и магнитным полями. Его глубинный разрез имеет повышенную до 30 км мощность. Верхнюю часть разреза выполняют слой древних осадков и кайнозойский чехол. Южно-Охотоморский блок выделяется знакопеременным гравитационным полем при общем повышенном значении магнитного поля.

Для него характерна пониженная до 25 км мощность земной коры с закономерным увеличением скорости упругих волн в сторону Южно-Охотского прогиба. Этот феномен связывается с интенсификацией базификации земной коры по мере уменьшения глубины субдукционной зоны [44]. Положение возможных каналов поступления глубинных флюидов в земную кору моделируется ареалами пониженной рефлексивности.

Южно-Охотская котловина. Многокомпонентные измерения, проведенные в котловине с помощью донных сейсмографов, позволили использовать обменные волны для оценки скоростных характеристик слоев земной коры. В частности, было подсчитано, что значения скорости в верхней консолидированной коре бассейна ($V_p = 5.50-5.80$ км/с, $V_p/V_s = 1.74-1.76$ км/с) соответствуют характеристикам гранито-метаморфического слоя континентальной коры [94]. Небольшая толщина (2.5-3.5 км) слоя может указывать на формирование структуры в геодинамической обстановке типичного задугового рифтогенеза на восточном фланге континентального мегаблока Охотского моря.

Эти данные явились основанием для заключения о том, что кора близка по своим параметрам к верхней континентальной коре [44]. Несмотря на уменьшенную мощность консолидированной части, земная кора этой структуры сохраняет тонкую верхнюю кору. На

глубинном разрезе по линии профиля 2-ДВ-М показано развитие маломощной (до 10 км) кристаллической коры, перекрываемой кайнозойским чехлом мощностью до 3-5 км. Глубинная часть разреза пронизывается серией субвертикальных зон пониженной рефлексивности, что может являться проявлением каналов тепломассопереноса.

Курильская островная дуга. Профиль 2-ДВ-М пересекает островную дугу в районе о-ва Уруп. Сейсмический разрез характеризуется сложной структурой многочисленных сейсмических границ, претерпевающих деформации и разрывы, и большим разбросом скоростей. Ее мощность составляет 23 км, увеличиваясь на хребте Витязя до 25 км. В разрезе преобладает нижнекоровый слой мощностью до 13–15 км со скоростью продольных волн 6.5-7.1 км/с и плотностью 2.75-3.05 г/см³. Верхнекоровый слой имеет мощность от 2 до 6 км с плотностью от 2.65 до 2.85 г/см³ при скорости 3.3–6.4 км/с. Выше залегают слабо литифицированные мезо-кайнозойские осадочно-вулканогенные комплексы (скорость – 3.3-5.2 км/с; плотность – 2.40-2.60 г/см³) и кайнозойские рыхлые осадки со скоростями продольных волн 2.3-2.7 км/с и плотностями около 2.0 г/см³ [64]. Согласно этим данным можно сделать вывод о континентальном типе разреза земной коры.

3.3. Основные характеристики осадочных бассейнов Дальневосточного региона и особенности локализации депрессий северного фланга Охотской НГП

Особенностью Дальневосточного региона, отличающей его от прочих нефтегазоносных регионов России, является то, что его значительный ресурсный углеводородный потенциал рассредоточен по 40 отдельным осадочным бассейнам [51]. Этим же обстоятельством определяется чрезвычайное разнообразие геологического строения и условий нефтегазоносности в конкретных осадочных бассейнах [27]. Они существенно отличаются как величиной ресурсного потенциала, так и степенью его разведанности [55, 56].

Нефтегазоперспективные земли принадлежат двум глобальным геоструктурам: Евразийскому континенту и сопредельной с ним Азиатско-Тихоокеанской переходной зоне [36].

Осадочные бассейны прибрежной суши и прилегающего шельфа могут быть подразделены на два основных типа: краевые (прискладчатые) и внутренние (межгорные) прогибы мезо-кайнозойских складчатых систем.

Наибольшими перспективами обладают краевые (прискладчатые) прогибы: Северо-Сахалинский, Западно-Сахалинский, Охотско-Западно-Камчатский, Хатырский, Анадырский (рисунок 24).

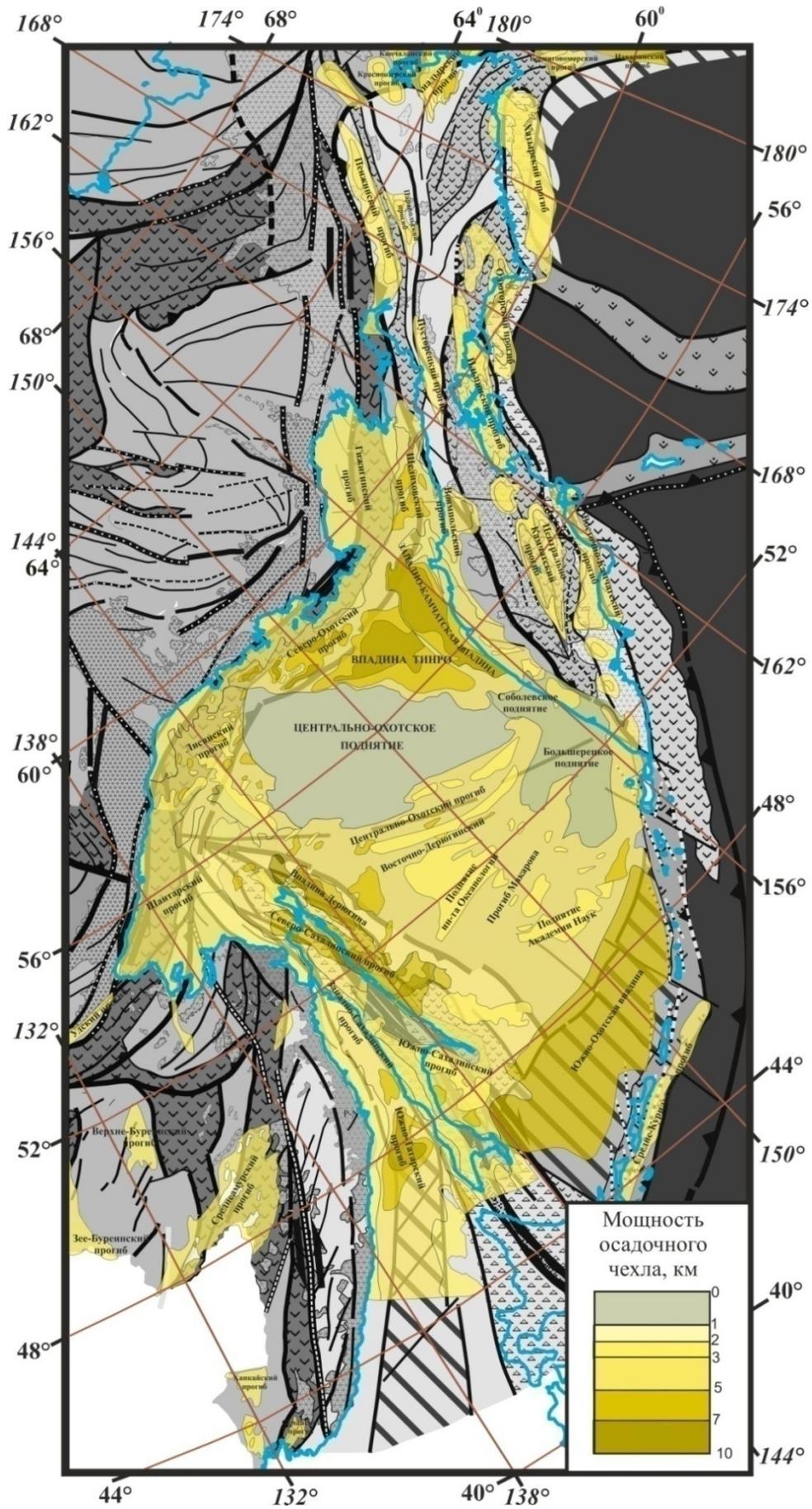


Рисунок 24 – Схема осадочного чехла Охотоморского региона (Условные обозначения для консолидированного фундамента представлены на рисунке 19)

Они имеют резко асимметричное строение: внутренний их борт крутой, складчатый, тогда как внешний (более мористый) является пологим и значительно менее дислоцированным. Асимметрия обуславливает однонаправленность седиментационных потоков со стороны формирующихся кайнозойских орогенов. Этим бассейнам присуща отчётливая ориентировка структурных элементов. Складки обычно группируются в протяжённые антиклинальные зоны, сопровождаемые разрывами [49].

Северо-Сахалинский бассейн заложен на гетерогенном фундаменте, выполненном нерасчлененными вулканогенно-осадочными островодужными комплексами и образованиями аккреционной призмы. Ведущая роль в образовании и развитии структуры Северного Сахалина принадлежит глубинным сдвиговым разломам субмеридионального (вдольберегового) направления, с которыми связывается образование антиклинальных зон. Антиклинальные зоны имеют северо-западное простирание и протяжённость до 50–70 км и ширину до 3–5 км [18]. Зоны разбиты разломами, среди которых выделяются пересекающие весь бассейн взбросы и сдвиги. Осадочный чехол сложен эоцен-плиоценовыми толщами суммарной мощностью до 9–10 км.

В Северо-Сахалинском бассейне выявлено более 70 месторождений углеводородов преимущественно полифазного состава, связанных с отложениями неогеновых дагинской и нутовской свит. В формировании последних основную роль сыграла продвигающаяся с запада на восток и северо-восток дельта Палеоамура, существовавшая с раннего миоцена до среднего плиоцена [49].

Западно-Сахалинская НГО соответствует крупной зоне позднемелового-кайнозойского прогибания. Он резко асимметричен и имеет крутой дислоцированный восточный борт и относительно пологий и просто построенный западный. Прогиб выполнен верхнемеловыми, палеогеновыми и неогеновыми терригенными и вулканогенно-осадочными морскими и угленосными образованиями общей мощностью 8-10 км [49].

Охотско-Западно-Камчатский мегапрогиб объединяет в себе Северо-Охотский, Гижигинский, Шелиховский, Западно-Камчатский прогибы и глубоководную впадину Тинро. Так, в северной половине Северо-Охотского прогиба в фундаменте преобладают магматические породы Охотско-Чукотского пояса, что фиксируется как наличием специфического магнитного поля, так и высокими сейсмическими скоростями в фундаменте (5,6-5,7 км/с) [65].

В южной половине скорости существенно меньше (5,0 км/с и менее), и фундамент представлен деформированными вулканогенно-осадочными отложениями аккреционной призмы этого пояса, вскрытыми скважиной Магаданская-1 [5].

Западно-Камчатский прогиб заложен на окраине Охотоморского мегаблока. По мнению В.А. Игнатовой [36] его можно отнести к задуговым бассейнам, по аналогии с Северо-Суматринским, Центрально-Южно-Суматринским и Северо-Яванским бассейнами

Юго-Восточно-Азиатского региона. В бассейнах именно такого типа сосредоточена большая часть ресурсов всего Западно-Тихоокеанского региона. По имеющимся данным бурения породы фундамента Западно-Камчатского прогиба представлены существенно дислоцированными терригенными отложениями (преимущественно морские аргиллиты и алевролиты) альб-сеноманского возраста [10]. На севере прогиб ограничен Тигильским антиклинорием Западной Камчатки. Южное замыкание прогиба находится на Западной Камчатке (Колпаковский район) – на границе с Соболевским поднятием, а восточный складчатый борт на суше охватывает Ичинский район. Колпаковский и Ичинский тектонические районы разделяются Крутогоровским разломом. На севере главная нефтегазоносность связывается с палеогеновыми, на юге – с олигоцен-миоценовыми отложениями. Мощность осадочного чехла достигает 12 км [10].

Более сложное строение имеют прискладчатые прогибы Берингоморского региона – *Анадырский и Хатырский*. Для них характерны интенсивные складчато-разломные дислокации на внешнем борту, мелкие размеры локальных складок и резкое фаціальная изменчивость кайнозойских толщ [23].

Шелиховский и Гижигинский осадочные бассейны заложены на сложнопостроенном фундаменте Охотско-Чукотской СО, сформированной в ходе коллизионно-активноокраинных процессов, происходивших на краях двух континентальных блоков. Нефтегазоносность Шелиховского ПНГР связывается с кайнозойскими толщами и, в основном, как на севере Западно-Камчатской НГО и в соседней Северо-Охотской ПНГО, с нижнекайнозойскими (доверхнеолигоценными) отложениями. Перспективы нефтегазоносности верхнекайнозойского мегакомплекса, где открыты месторождения газа в Колпаковском районе, незначительны, так как в сводах антиклиналей он имеет небольшую мощность (обычно не более 1-1,5 км) [10].

Центрально-Охотская система поднятий включает поднятия: Центрально-Охотское, Института Океанологии и Академии Наук, разделенные *Восточно-Дерюгинским и Макаровским прогибами*. Особое место занимает Центрально-Охотское поднятие, перекрывающие его кайнозойские отложения залегают практически горизонтально. В своде массива они представлены обычно самыми молодыми (верхнемиоцен-плиоцен-четвертичными) осадками мощностью не более 0,5 км [5]. Возраст чехла в пределах прогибов отнесен к олигоцен-квартеру, а его мощность характеризуется резкой дифференциацией с максимальными значениями до 5-6 км.

Центрально-Камчатский прогиб представляет собой депрессию между Срединным и Восточным хребтами, заполненную кайнозойскими осадками вулканогенного, озерного и аллювиального происхождения; значительную часть его площади занимают вулканические постройки и покровы эффузивов [54].

Олюторский, Ильпинский и Восточно-Камчатский прогибы протягиваются вдоль восточного побережья Камчатки. В строении бассейнов участвуют верхнемеловые – кайнозойские образования различного состава и генезиса. В плане эти прогибы имеют достаточно сложно строение, они характеризуются большой мощностью отложений, значительной амплитудой вертикальных движений, линейной складчатостью и широким развитием разрывов [25, 40]. В связи с низкой геолого-геофизической изученностью и отрицательными результатами бурения на суше Восточной Камчатки перспективы нефтегазоносности этого региона оцениваются весьма неоднозначно [13, 88]

На континенте осадочные депрессии представлены изолированными межгорными впадинами, среди которых обособляются две группы. В первую группу входят: *Верхне-Буреинский прогиб и Суйфунская впадина*, мощность осадочного (в основном юрско-мелового) выполнения – до 4,5–5 км. Вторая группа включает *Среднеамурскую и Зее-Буреинскую впадины*. Они содержат в основании разрозненные системы узких грабен: мел-кайнозойских в первой депрессии и юрско-меловых во второй, перекрытых надрифтовыми комплексами (соответственно неогеновым и мел-кайнозойским). Последние слагают депрессии с мощностью отложений до 3–3,5 км [35].

3.4. Выводы по Главе 3

Геотектоническое моделирование консолидированного фундамента Охотоморского региона и структур его киммерийского и альпийского складчатого обрамления показало приуроченность осадочных депрессий северного фланга Охотоморского региона к ареалу развития сдвиговых и складчато-надвиговых дислокаций Охотско-Чукотской коллизионно-активноокраинной складчатой области, сформированной при столкновении Охотоморского блока и Евразийским континентом.

Развитие межблоковой зоны с редуцированной корой обусловило возможность заложения на ней рифтогенных структур, которые в свою очередь определяют конфигурацию, мощность и наполнение осадочных бассейнов всего северного фланга Охотской НГП.

Существование левосдвиговой компоненты вдоль западного фланга Охотско-Чукотской сутурной зоны привело к заложению рифтов сдвиго-раздвигового типа. Рифтогенное проседание земной коры с формированием вдоль окраины Евразийского континента осадочных бассейнов проявлялось в палеогене. В разрезе рифтов преобладают вулканогенно-терригенная и угленосная формации, формирующие синрифтовый палеоцен-раннеолигоценовый этаж осадочного чехла. Дальнейшее развитие этих структур происходило в верхнем палеогене – неогене с накоплением большого объема терригенного материала. Общая мощность чехла в этих бассейнах достигает 10 км.

Несмотря на наличие нефтегазоматеринских пород, выделенных в разрезе осадочных бассейнов Охотоморского региона, наличие структур-ловушек, главной проблемой всего Дальневосточного региона остается обнаружение кондиционных коллекторов. Основная причина неудач при бурении на нефть и газ видится в резкой литолого-фациальной изменчивости нефтегазоперспективного чехла Охотского моря и в связи с этим – высоким трендом изменения коллекторских свойств пород и “исчезновением” традиционных (прибрежно-морских) нефтегазовых резервуаров. Продуктивные горизонты большинства открытых на шельфе Сахалина месторождений связаны с толщами, образованными выносами дельтовой системы палео-Амура. В восточном направлении происходят глинизация этих горизонтов и выклинивание шельфовых песчаников. Здесь коллекторы ассоциируются, в основном с песчаниками конусно-веерных систем [51]. Половина выявленных перспективных структур шельфа Северного Сахалина располагается в предполагаемой области развития коллекторов именно такого типа.

В пределах северного фланга Охотоморского региона улучшенных коллекторских свойств пород можно ожидать в Шелиховском прогибе. Предполагается, что этот район благоприятен в этом отношении, так как расположен в пределах транспортной разгрузки обломочного материала, выносимого палеогеновой дельтовой системой палео-Пенжины.

Прогноз развития коллекторов является важнейшим условием повышения нефтегазопоисков на шельфах Охотского моря. Он может быть обеспечен только при комплексном подходе к обозначенной проблеме на основе изучения аналогов.

ГЛАВА 4 ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ СТРУКТУР ФУНДАМЕНТА И ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА СЕВЕРНОГО ФЛАНГА ОХОТСКОЙ НГП

4.1. Обоснование выбора объекта площадных исследований

Задачей данного этапа исследований является установление пространственно-генетических взаимосвязей структур фундамента с морфологией осадочных депрессий на основе результатов геолого-геофизического моделирования верхней коры в латеральном и вертикальном измерениях в пределах выделенной площади (рисунок 25). В ходе исследований основное внимание было направлено на изучение зоны Охотско-Чукотского левостороннего сдвига. Ее главный шов развивается вдоль одноименной сутурной зоны; опережающие деформации растяжения, сжатия и сдвига охватывают складчато-надвиговые пояса одноименной складчатой области. Они в свою очередь являются главными факторами образования нефтегазоперспективных структур всех уровней – от осадочных бассейнов до локальных объектов, являющихся потенциальными ловушками нефти и газа. В пределах осадочных бассейнов северного фланга Охотской НГП особое внимание уделяется моделированию горстов и грабенов и связанных с ними зон возможного нефтегазонакопления (ЗВНГН).

На региональном уровне объектом анализа являются осадочные бассейны. По совокупности геологоразведочных работ и прогнозно-поисковых исследований намечаются наиболее оптимальные направления дальнейших поисковых работ. В рамках выбранных направлений обосновываются перспективные районы, к каковым относятся зоны нефтегазонакопления – наиболее ресурсоемкие участки недр. Они же включают и наиболее перспективные локальные структуры, которые в этой разноуровневой системе анализа оказываются интегрированы в нефтегазоперспективные объекты зонального и регионального уровней, что обеспечивает максимальную обоснованность прогноза.

Существуют различные точки зрения на само понятие зон нефтегазонакопления (ЗНГН) [8, 14, 26]. Тем не менее, все исследователи главным признаком их обособления считают существование природных группировок месторождений нефти и газа.

Для выделения зон возможного нефтегазонакопления (ЗВНГН), где ещё не открыты месторождения, обычно называют 3 главных достаточно общих критерия:

- структурный – наличие нефтегазовых ловушек, связанных с замкнутыми (или ограниченными разломами) антиклиналями разных порядков (от локальных складок, группирующихся в зоны, до крупных сводов);
- геохимический – положение очагов нефтегазообразования и интенсивность эмиграционных углеводородных потоков;

- литолого-фациальный – наличие и характер изменчивости резервуаров (коллекторов и покрышек).

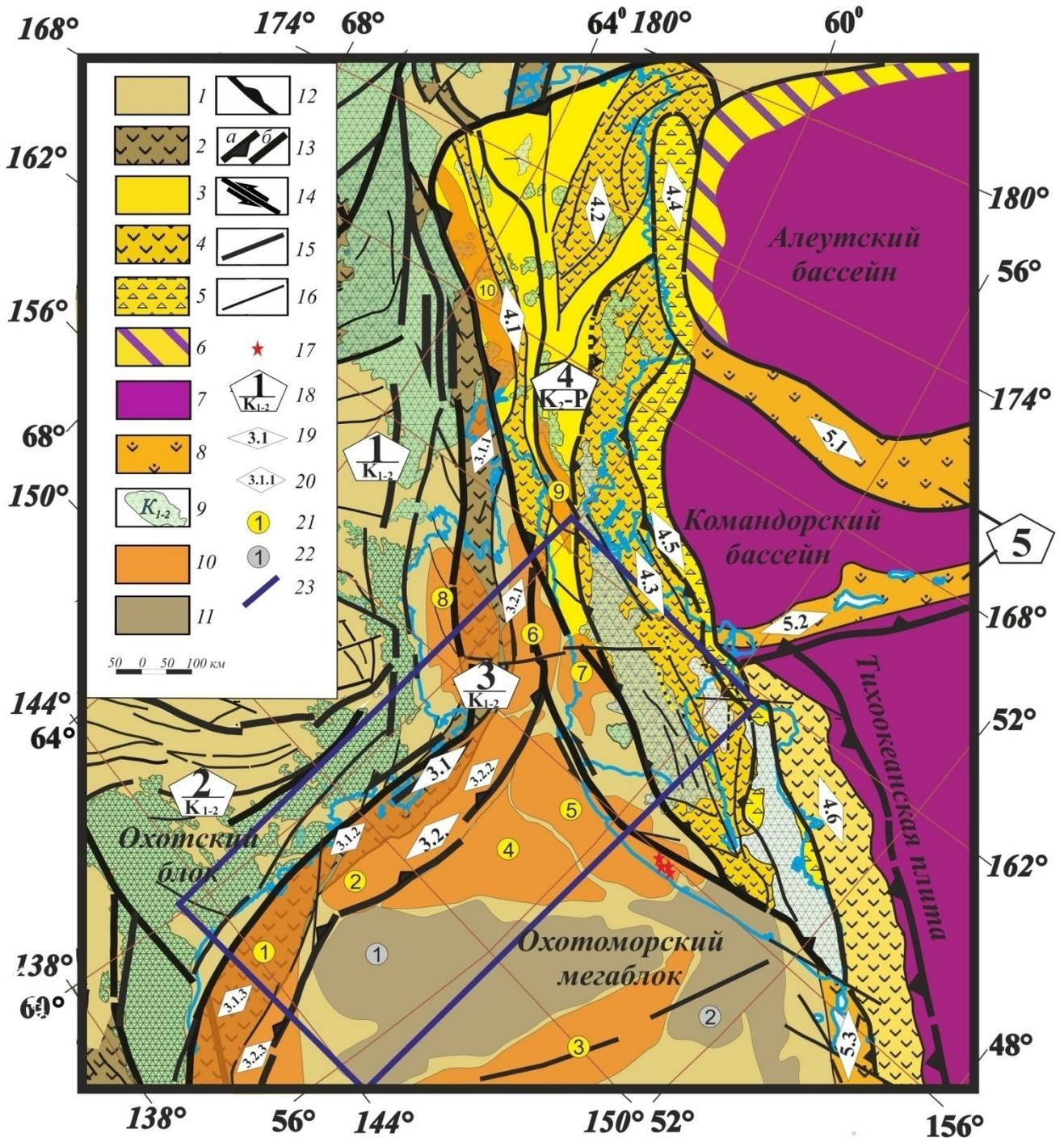


Рисунок 25 – Схема тектонического районирования консолидированной коры и перекрывающих структур осадочного чехла северного фланга Охотоморского региона

Условные обозначения рисунка 25: 1–9 – структурно-вещественные подразделения консолидированной коры: 1–2 – киммерийских складчатых областей (СО) (1 – блоки с корой континентального типа, 2 – межблоковые (сутурные) мегазоны); 3–5 – альпийских СО (3 – блоки с корой континентального типа, 4–5 – межблоковые (сутурные) мегазоны (4 – выполненные нерасчлененными вулканогенно-осадочными островодужными комплексами, 5 – выполненные

образованиями аккреционной призмы)); 6 – комплексы коры переходного континентально-океанического типа; 7 – комплексы океанической коры; 8 – комплексы современных островных дуг, 9 – комплексы активных континентальных окраин; 10–11 – структурно-вещественные подразделения осадочного чехла (10 – прогибы; 11 – поднятия); 12 – зоны субдукции; 13–16 – разрывные нарушения (13 – границы СО (а – надвиговые, б – прочие), 14 – левосторонние региональные сдвиги, 15 – границы структурных зон, 16 – второстепенные разрывные нарушения); 17 – известные газоконденсатные месторождения региона; 18 – главные геоструктуры (в числителе – индекс, в знаменателе – возраст завершающей складчатости); 19-20 – индексы структур фундамента (19 – структуры; 20 – фрагменты структур); 21-22 – индексы структур осадочного чехла (21 – прогибы; 22 – поднятия); 23 – контуры площади детального изучения.

Структуры консолидированного фундамента: 1 – Колымо-Омолонская СО; 2 – Верхояно-Колымская СО; 3 – Охотско-Чукотская коллизионно-активноокраинная СО (3.1 – Охотско-Чукотская сутурная зона (3.1.1 – Мургальский, 3.1.2 – Южно-Тайгоносский, 3.1.3 – Тауйский фрагменты), 3.2 – краевой складчато-надвиговый пояс (3.2.1 – Шелиховский, 3.2.2 – Примагаданский, 3.2.3 – Билибинский фрагменты)); 4 – Корякско-Камчатская аккреционно-коллизионно-активноокраинная складчатая область (4.1 – Западно-Корякская, 4.2 – Центрально-Корякская, 4.3 – Олюторская, 4.4 – Хатырская, 4.5 – Ветловско-Говенская, 4.6 – Кроноцкая зоны); 5 – островные дуги (5.1 – Ширшова, 5.2 – Алеутско-Командорская, 5.3 – Курильская). Структуры осадочного чехла: прогибы – 1 – Шантаро-Лисянский; 2 – Северо-Охотский; 3 – Центрально-Охотский; 4 – Тинро; 5 – Охотско-Западно-Камчатский; 6 – Шелиховский; 7 – Воямпольский; 8 – Гижигинский; 9 – Пусторецкий; 10 – Пенжинский; поднятия – 1 – Центрально-Охотское; 2 – Большерецкое.

На региональном и уровне прогноза перспектив нефтегазоносности и выделения ЗВНГН главное значение имеют первые два критерия. В рамках настоящей работы основное внимание уделено структурному критерию, который связан со следующими геотектоническими факторами: локализация группы поднятий или протяженных антиклинальных зон; кулисообразное расположение антиклинальных зон, являющееся следствием сдвиговых деформаций; высокая плотность группирования локальных структур.

4.2. Структура земной коры северного фланга Охотской НГП

4.2.1. Моделирование латерального распределения структурно-вещественных неоднородностей земной коры по данным комплексных геолого-геофизических исследований

Объектом особого внимания в настоящем исследовании является изучение влияния на структуры осадочного чехла региональной Охотско-Чукотской сдвиговой зоны, развивающейся вдоль северо-западного фланга одноименной сутурной зоны. Ее кинематика определяет формирование оперяющих структур растяжения, сжатия и сдвига и связанных с этими деформациями наложенных рифтогенных структур сдвиго-раздвигового («pull-apart») типа [89]. Стоит отметить, что при этом структуры горстов и грабенов локализуются определенным образом по отношению к главному сдвиговому разлому.

Для обоснования закономерностей локализации структур растяжения, сжатия и сдвига в хорошо изученных районах используется полный комплекс исследований, включающий в себя результаты сейсморазведочных, грави- и магниторазведочных работ, а также бурения. В менее изученных районах, где бурение не проводилось вовсе, а сейсморазведка была проведена несколько десятилетий назад или выполнена на недостаточно высоком техническом уровне, целесообразно использовать данные потенциальных полей (рисунок 26). Их специализированная обработка позволяет обосновать закономерности размещения структур для дальнейшего формализованного прогноза на региональном и зональном уровнях.

По результатам комплексной интерпретации потенциальных полей и их трансформаций была разработана схема тектонических деформаций консолидированного фундамента северного фланга Охотской НГП (рисунок 27). Согласно результатам ранее выполненных исследований Северо-Охотский бассейн представляет собой сложно построенную рифтогенную депрессию, состоящую из серии грабенов, разделенных внутренними горстовыми поднятиями [46].

Осадочные прогибы Северо-Охотской ПНГО характеризуются преобладающими отрицательными магнитными и слабо положительными гравитационными аномалиями (от +10 до +45 мГал в редукции Буге ($\sigma=2.67 \text{ г/см}^3$)), что указывает на понижение поверхности фундамента и на широкое распространение в его пределах прогибов и впадин.

Нижний структурный ярус *Северо-Охотского прогиба* (палеоцен?-нижнеолигоценовый северо-охотский стратиграфический горизонт) мощностью до 6-7 км выполняет грабены и отсутствует на крупных выступах фундамента. Магаданской параметрической скважиной вскрыт разрез, представленный чередованием конгломератов и аргиллитов, реже песчаниками и гравелитами.

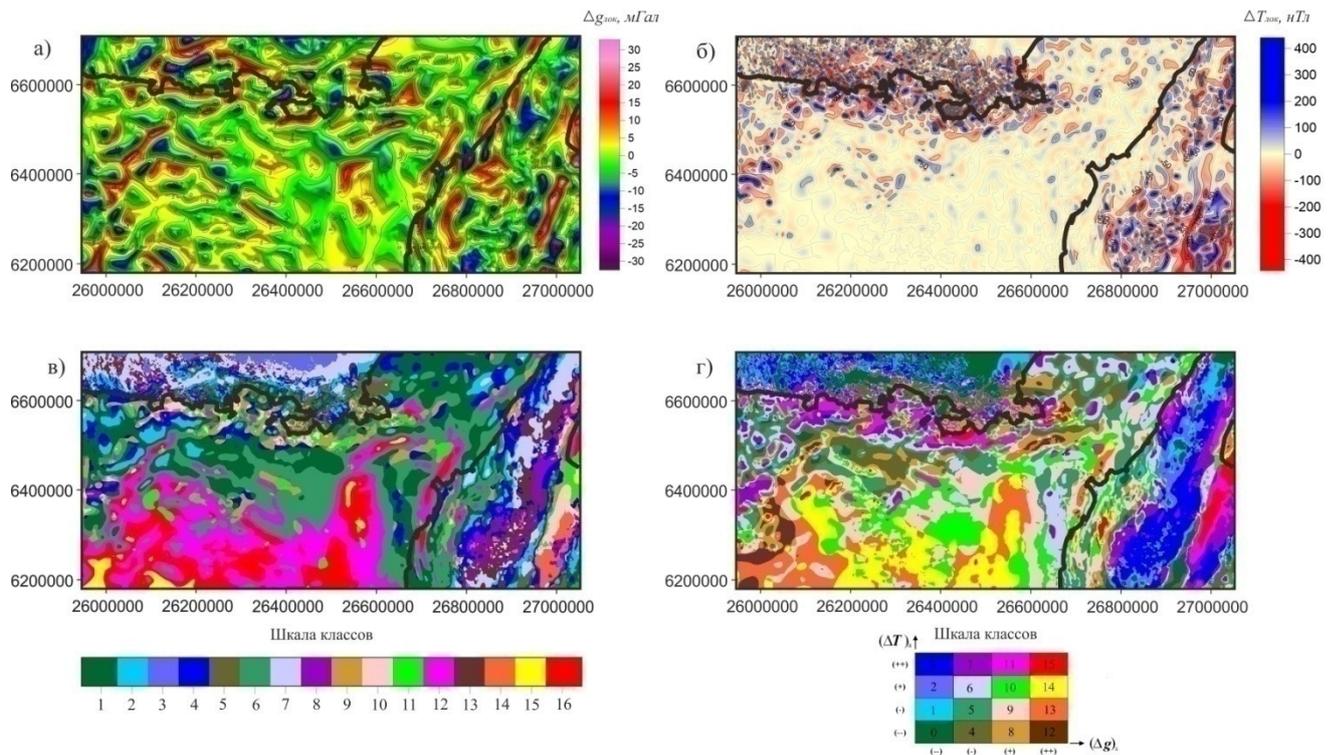


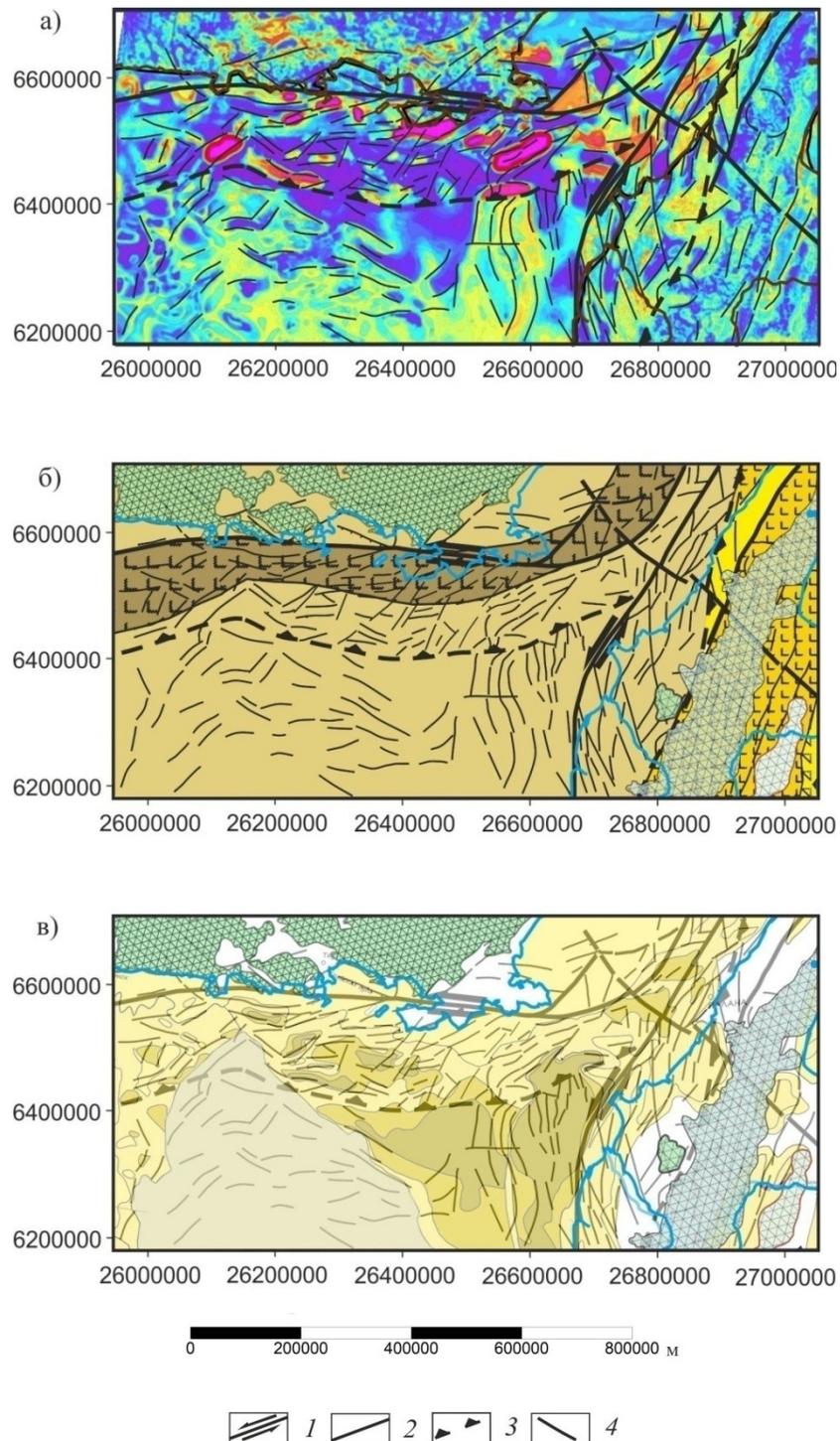
Рисунок 26 – Локальные составляющие и классификации потенциальных полей северной части Охотоморского региона (Положение площади показано на рисунке 25)

а – локальная составляющая гравитационного поля; б – локальная составляющая аномального магнитного поля; г – классификация гравитационного и магнитного полей по Петрову А.В. (ПО Coscad3D); д – классификация гравитационного и магнитного полей Зеленецкому Д.С. (ПО АСОД Воздух)

Породы в основном плотные, практически непроницаемые. Верхнеолигоцен-четвертичный структурный ярус мощностью до 5,5 км разделяется седиментационными несогласиями на 3 комплекса. Наиболее древний из них одянский горизонт мощностью до 2,5 км сложен опоками с пачками кремнистых аргиллитов. Два остальных комплекса представлены в основном опоками и диатомитами с прослоями углей [46].

В ходе интерпретации данных были выявлены следующие закономерности распределения структур растяжения и сжатия. В пределах Охотско-Чукотской аккреционно-коллизийной СО структуры горстов и грабенов ориентируются в направлении ЮЗ-СВ под определенным углом к главному сдвиговому шву, прослеживается четкая ориентация структур относительно региональной сдвиговой зоны.

В связи с чем было высказано предположение о левосдвиговой кинематике Охотско-Чукотской зоны. Однако это заключение должно иметь строгое обоснование с изучением морфологии главного шва и оперяющих дислокаций.



1 – региональные сдвиговые зоны; 2 – основные разломы; 3 надвиги; 4 – границы структур горстов и грабенов

Рисунок 27 – Схема тектонических деформаций, оперяющих региональные сдвиговые зоны, по результатам линейментного анализа потенциальных полей и их трансформаций северного фланга Охотской НПП: а – схема распознавания образов с обучением (Условные обозначения представлены на рисунке 10); б – схема консолидированного фундамента (Условные обозначения представлены на рисунке 25); в – схема кайнозойского осадочного чехла (Условные обозначения представлены на рисунке 24)

Западно-Камчатская НГО характеризуются наличием цепочек крупных, как правило, линейно вытянутых, гравитационных и магнитных аномалий разного знака и одного направления. Аномалии имеют преимущественно субмеридиональную ориентировку или изогнуты параллельно побережью Камчатки. Интенсивность гравитационного поля здесь меняется от +10 до +60 мГал в редукции Буге ($\sigma=2.67 \text{ г/см}^3$), повышенные значения которого соответствуют поднятиям поверхности фундамента.

Осадочный чехол Западно-Камчатской НГО имеет два структурных этажа. Нижний - палеогеновый структурный ярус (мощность на суше до 3 км, на акватории до 7 км) выполняет систему грабенов. Эти отложения пройдены многими скважинами суши [10] и почти не изучены на акватории. Палеогеновые отложения слагают большую часть перспективного разреза северной половины шельфа Западно-Камчатского бассейна, и выяснение их состава и литолого-фациальной изменчивости чрезвычайно актуально для определения направлений нефтегазопоисков.

Верхний – неогеновый структурный ярус состоит из четырех структурно-стратиграфических комплексов. Основные перспективы нефтегазоносности, особенно в южных районах шельфа, связываются с верхневоямпольским (верхний-олигоцен – нижний миоцен) и кавранским (средний-верхний миоцен) сейсмостратиграфическими комплексами [10, 79].

В погруженных зонах суши олигоценовые породы находятся на градации $МК_2$ ($R_0=0,8 - 0,85 \%$), а граница $МК_1$ - $МК_2$ примерно совпадает с основанием кавранской серии (2000 м) [50]. Степень прогрева пород шельфовой части бассейна более высокая и можно полагать, что уровни соответствующих градаций катагенеза несколько приподняты по сравнению с сушей. Все олигоцен-неогеновые породы содержат пирокластический материал, что сказывается на их коллекторских свойствах [41, 79].

Одной из отмеченных в ходе исследований закономерностей является приуроченность структур растяжения и сжатия Западно-Камчатской НГО к развитию Западно-Камчатской региональной сдвиговой зоны. Отмечаются также особенности локализации ЗВНГН по отношению к выделенным горстам и грабенам.

На западном фланге Западно-Камчатского прогиба прослеживается эшелонированная система поднятий, отделяющих его от глубоководной впадины Тинро. В пределах Центрально-Охотского свода картируется серия субширотных разломов.

Расшифровка кинематики выделенных разрывных нарушений требует тщательного предметного анализа всей доступной геологической и геофизической информации

4.2.2. Морфология структур осадочного чехла по данным детальным сейсмическим исследований

Важным источником информации служат результаты интерпретации сейсмических материалов, выполненных ОАО «Дальморнефтегеофизика» в рамках работ на Магаданском и Шелиховском участках шельфа. В ходе камеральной обработки сейсмических данных ОАО «Дальморнефтегеофизика» была выполнена корреляция отражающих горизонтов и разломов, получены структурные карты по четырем опорным горизонтам, соответствующим несогласиям, определяющим основные этапы структурной перестройки бассейнов. Сами авторы исследований отмечают высокую точность корреляции выбранных горизонтов и разломов [24, 46].

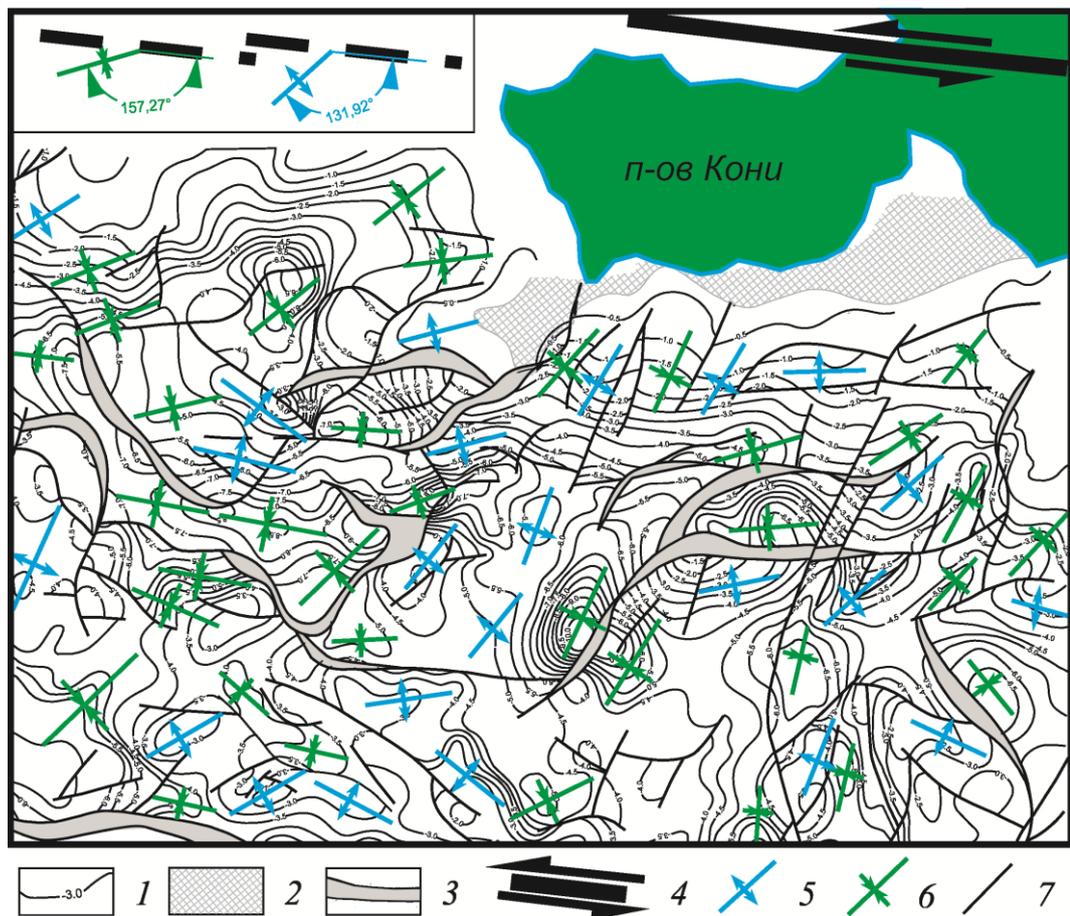
Таким образом, эти материалы можно рассматривать как фактологическую основу для оценки характера деформаций, определяющих структуру осадочных депрессий.

Для последующего анализа в рамках настоящих исследований была выбрана карта поверхности акустического фундамента, отражающая структурные особенности системы поднятий и прогибов рифтовой стадии развития осадочного бассейна.

С целью изучения опережающих дислокаций главного Охотско-Чукотского левостороннего сдвига на структурной карте поверхности акустического фундамента вручную были отрисованы оси горстовых и грабеновых структур (рисунок 28).

В программе CorelDraw 18.0 были измерены азимуты осей горстов, грабенов, а также основных разломов по отношению к оси сдвига. Для представительности выборки по каждому типу структур было проведено 110 измерений и построены розы-диаграммы, отражающие взаиморасположение изучаемых объектов относительно главного сдвига.

Была поставлена задача оценки доминирующих простираний, выделенных сейсморазведкой структур. Автором измерены азимуты простирания осевых зон выделенных блоков относительно главной Охотско-Чукотской сдвиговой зоны, имеющей на рассматриваемой площади субширотное простирание (вдоль побережья Охотского моря). Далее был выполнен подсчет количества горстов и грабенов по каждому десятиградусному интервалу полупространства.



1 – изогипсы поверхности акустического фундамента, км; 2 – выходы акустического фундамента на дно моря; 3 – проекция плоскости сместителя; 4 – фрагмент Охотско-Чукотского левостороннего сдвига; 5 – горсты; 6 – грабены; 7 – сбросы и взбросы.

Рисунок 28 – Простирание осей основных блоков относительно Охотско-Чукотского левостороннего сдвига (фрагмент схемы по данным ОАО «Дальморнефтегеофизика» с элементами интерпретации)

Оказалось, что большая часть грабенов ориентированы под углами от 130° до 180° : $130^{\circ} - 140^{\circ}$ (12 структур); $140^{\circ} - 150^{\circ}$ (15 структур), $150^{\circ} - 160^{\circ}$ (18 структур) и $170^{\circ} - 180^{\circ}$ (16 структур) (рисунок 29а). Горстовые структуры имеют более узкий спектр разброса доминирующих простираний – от 140° до 170° : $140^{\circ} - 150^{\circ}$ (18 структур); $150^{\circ} - 160^{\circ}$ (19 структур); $160^{\circ} - 170^{\circ}$ (15 структур) (рисунок 29б).

Для расшифровки наблюдаемой картины следует предметно рассмотреть модель эллипсоида деформации, описывающего систему деформаций сдвиговой зоны [102]. В ходе построений было высказано предположение о том, что Охотско-Чукотский сдвиг имеет левостороннюю кинематику. Структура деформаций в этом случае описывается моделью, представленной на рисунке 30.

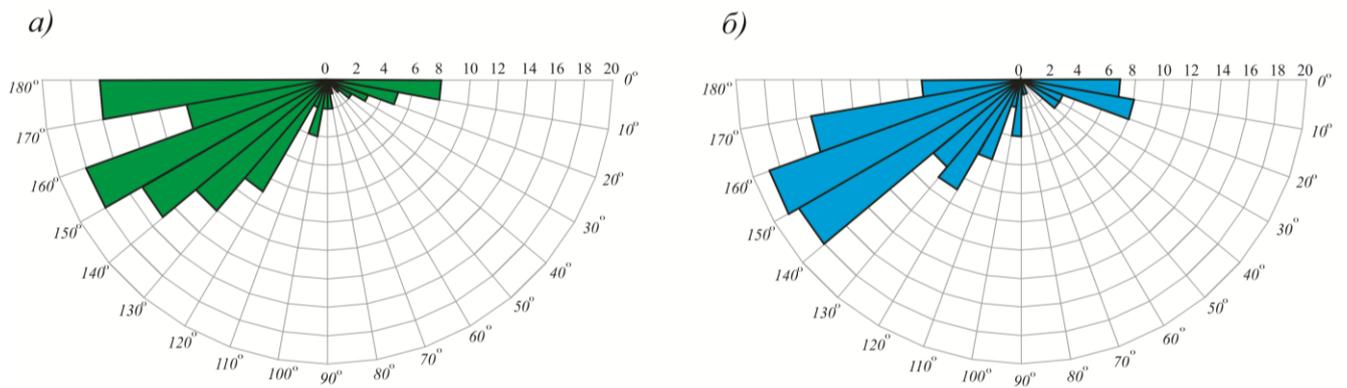


Рисунок 29 – Ориентация осей грабенов (а) и горстов (б) относительно главного шва Охотско-Чукотского сдвига

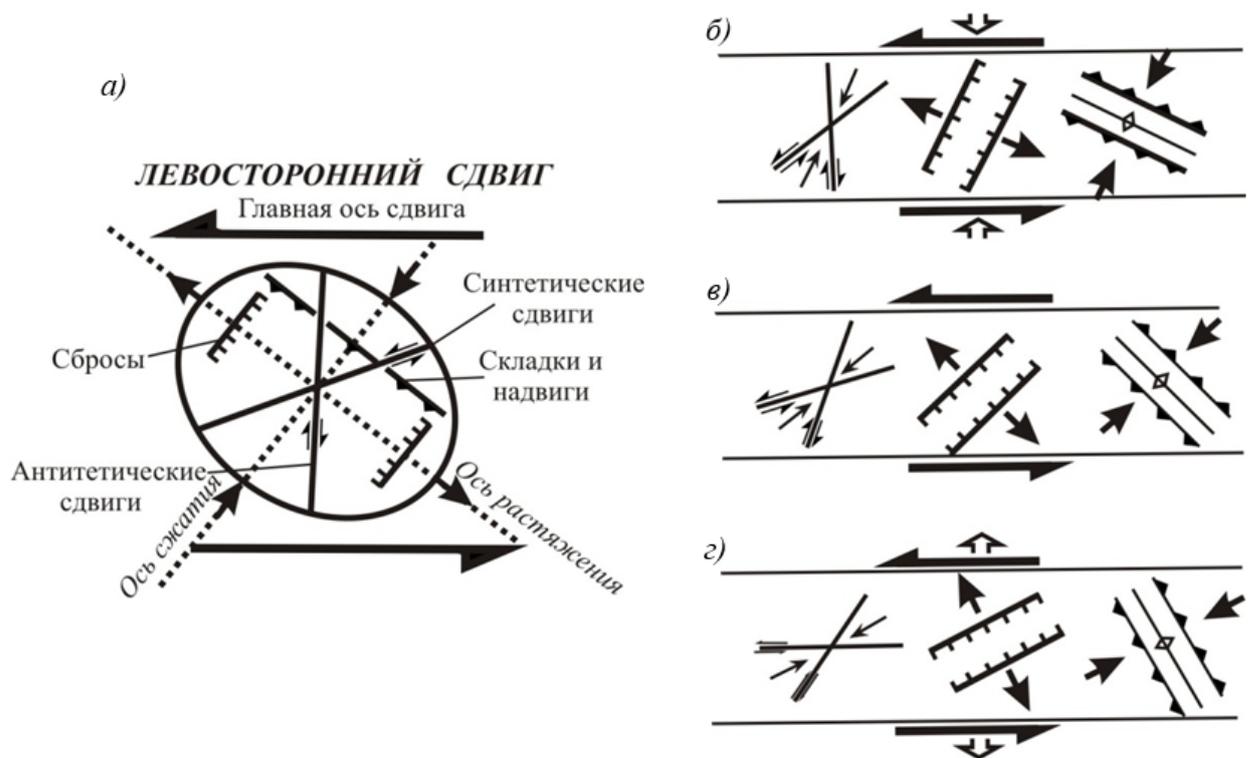


Рисунок 30 – Модель эллипсоида деформаций левостороннего сдвига и представление их структурного распределения

а – эллипсоид деформаций левостороннего сдвига (зеркальное отображение модели правостороннего сдвига [101]); б – распределение деформаций левостороннего сдвига в условиях сжатия; в – распределение деформаций, сформированных простым левосторонним сдвигом; г – распределение деформаций левостороннего сдвига в условиях растяжения [102]; модель правостороннего сдвига преобразована в левостороннюю путем зеркального преобразования).

В соответствии с теоретической моделью эллипсоида деформации общее напряжение в сдвиговой зоне рассматривается как результат наложения полей напряжений растяжения или сжатия ориентированных под углом к оси сдвига. В пределах такой зоны могут формироваться структуры разного типа: линейные складки и надвиги, ориентированные вдоль длинной оси эллипсоида под углом от 350° до 450° к оси сдвига; синтетические сдвиговые дислокации – под острым углом к главной оси сдвига и антитетические сдвиговые дислокации с крутым углом к данному направлению; структуры растяжения, расположенные перпендикулярно к тренду складок и надвигов вдоль короткой оси эллипсоида, то есть под углами 125° – 135° .

Статистика по Охотско-Чукотской сдвиговой зоне показывает более пологие углы (140° – 160°). Это отклонение можно объяснить диаграммой, описанной в той же работе [102] со ссылкой на более ранние исследования [93], согласно которым проявление компонент сжатия или растяжения в зоне регионального сдвига несколько изменяет ориентацию оперяющих структур относительно главной оси, но радикально не изменяет его общий структурный план. В нашем случае структуры растяжения будут иметь более пологий угол относительно главного сдвига со значимой компонентой растяжения.

Таким образом, данные проведенного обобщения свидетельствуют о развитии Охотско-Чукотской тектонической зоны в режиме левостороннего сдвига со значимой компонентой растяжения.

Несколько более сложная картина пространственного распределения структур получилась при изучении закономерности ориентации взбросов и сбросов, выделенных на изучаемой схеме. Поскольку на составленной схеме эти разломы имеют сложную не всегда линейную морфологию, в статистическое обобщение были включены только линейные участки этих деформаций (рисунок 31).

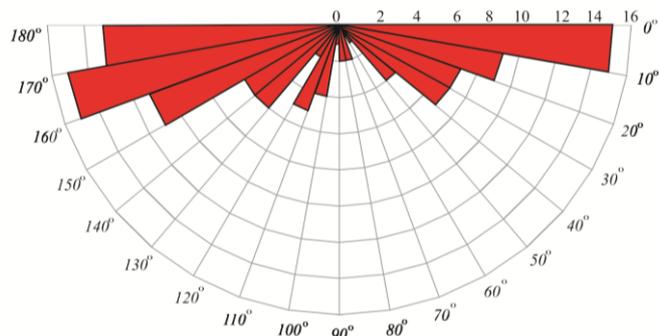


Рисунок 31 – Ориентация сбросов и взбросов относительно главного шва Охотско-Чукотского сдвига

Из сопоставительного анализа линеаментов потенциальных полей, результатов детальных сейсмических исследований и выполненного статистического анализа ориентации

выделяемых структур следует, что в обрамлении Охотско-Чукотского сдвига доминируют субширотные деформации с азимутами $0^{\circ} - 10^{\circ}$ и $160^{\circ} - 180^{\circ}$, отвечающие модели эллипсоида деформации левого сдвига с растяжением (представлена в зарамочном оформлении рисунка 32). Выделенные по сейсмическим данным структуры растяжения с азимутами простирания $140^{\circ} - 160^{\circ}$ занимают в выборке подчиненное положение. Северо-северо-западная ориентация характерна для широко распространенных в сдвиговых зонах синтетических (в нашем случае – левосторонних) сдвигов.

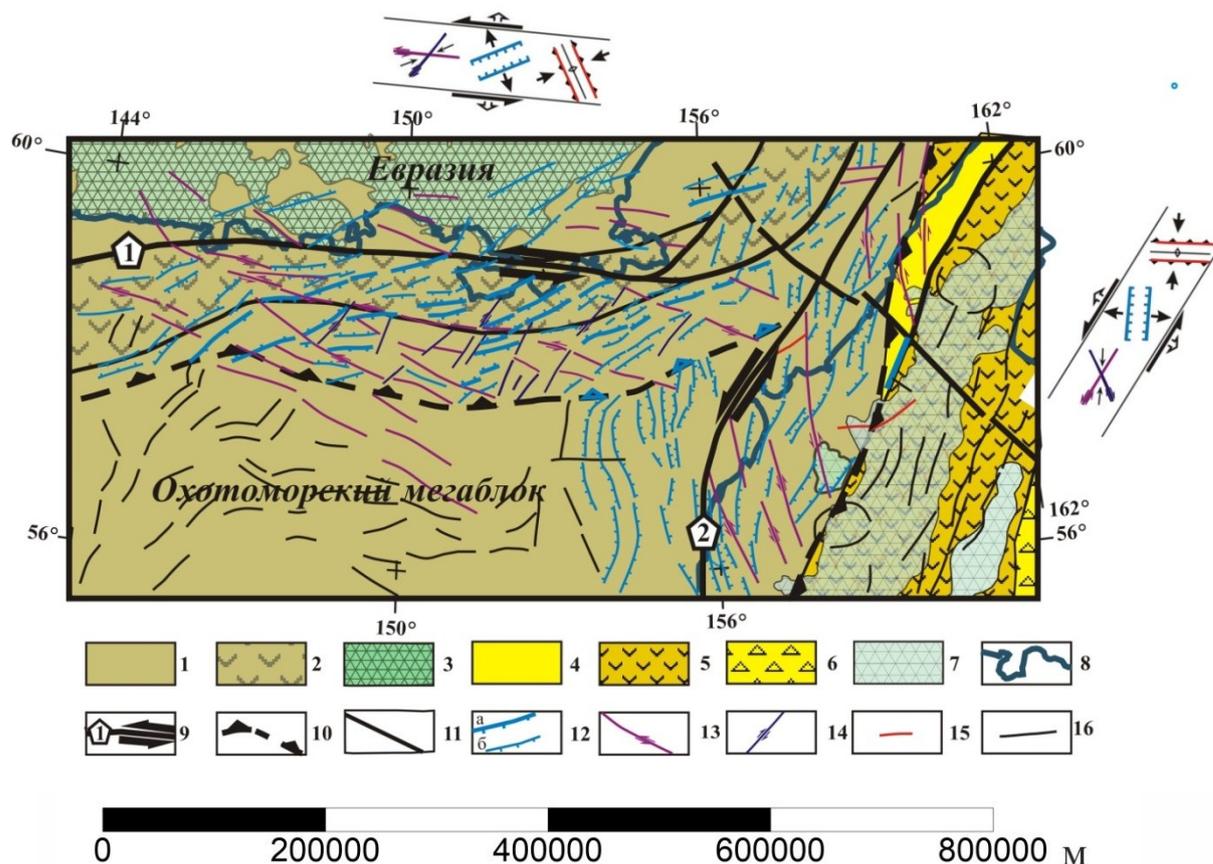


Рисунок 32 – Расшифровка морфокинематического типа разрывных дислокаций, оперяющих Охотско-Чукотский и Западно-Камчатский региональные сдвиги (в зарамочном оформлении представлены теоретические модели пространственной ориентации тектонических деформаций, оперяющих региональные сдвиги с растяжением [101]).

Условные обозначения рисунка 32: 1 – структурно-вещественные подразделения: 1-3 – киммерийская складчатая область (СО) (1 – блоки с корой континентального типа, 2 – межблоковые сутурные зоны, 3 – вулcano-плутонический пояс); 4-6 – альпийская складчатая область (4 – блоки с корой континентального типа, 5-6 – зоны, выполненные комплексами островных дуг (5) и аккреционной призмы (6), 7 – вулcano-плутонический пояс; 8 – границы береговой линии Охотского моря и Тихого океана; 9 – региональные сдвиги (цифры в ромбе 1 – Охотско-Чукотский; 2 – Западно-Камчатский); 10 – границы Охотско-Чукотской и

Корякско-Камчатской коллизионно-активноокраинных складчатых областей; 11 – разрывные нарушения структурных зон; 12-14 – разрывные нарушения, оперяющие региональные сдвиги (12 – сбросы, взбросы, 13 – синтетические сдвиги, 14 – антитетические сдвиги, 15 – надвиги, 16 – прочие разрывные нарушения неидентифицированного морфокинематического типа.

Для Западно-Камчатской сдвиговой зоны отмечается аналогичная картина оперяющих деформаций, преимущественно, растяжения и левостороннего сдвига. Однако характер их пространственного расположения определяется северо-восточной ориентацией главного шва (модель эллипсоида деформации также представлена в зарамочном оформлении рисунка 32). В этом случае оперяющие рифты и грабены имеют субмеридиональную ориентацию; «синтетические» левосторонние сдвиги – север-северо-западную ориентацию.

4.2.3. Моделирование вертикального распределения структурно-вещественных неоднородностей земной коры в сечении опорных профилей

Для изучения глубинных особенностей строения исследуемой территории были привлечены результаты сейсморазведки МОВ-ОГТ, выполненной на примагаданском и западно-камчатском шельфах ОАО «Дальморнефтегеофизика» [24, 61], а также детально рассмотрен фрагмент геотраверса 2-ДВ-М с 0 по 400 пикет [65]. Для построения физико-геологических моделей было выбрано три опорных сечения (рисунок 33). Профиль I-I является композитным. Глубинное моделирование его северного фрагмента, пересекающего окраину Евразийской палеоплиты, выполнено вдоль фрагмента сухопутного геотраверса 2-ДВ. Центральная часть композитного профиля пересекает структуры Охотско-Чукотской СО, а южная часть – Охотоморский мегаблок. Для глубинного моделирования этих структур использован отрезок морского геотраверса 2-ДВ-М. Сечение II-II, заданное вкрест простирания профиля I-I, пересекает структуры Северо-Охотского прогиба. Сечение III-III пересекает с северо-запада на юго-восток структуры Охотско-Чукотской СО и Западной Камчатки.

Все полученные в ходе обработки данные обработки потенциальных полей, а также материалы сейсмических исследований и имеющаяся геологическая информация были использованы для выполнения геолого-геофизического моделирования особенностей глубинного строения структур фундамента и осадочного чехла вдоль выбранных сечений. Стоит отметить, что сечение I-I наиболее полно обеспечено априорной информацией за счет данных по геотраверсу 2-ДВ-М. Сечение II-II и III-III лишь фрагментарно обеспечены материалами сейсморазведки, в связи с чем моделирование глубинных разрезов вдоль этих профилей в

основном опиралось на результаты обработки потенциальных полей и анализ априорной геолого-геофизической информации.

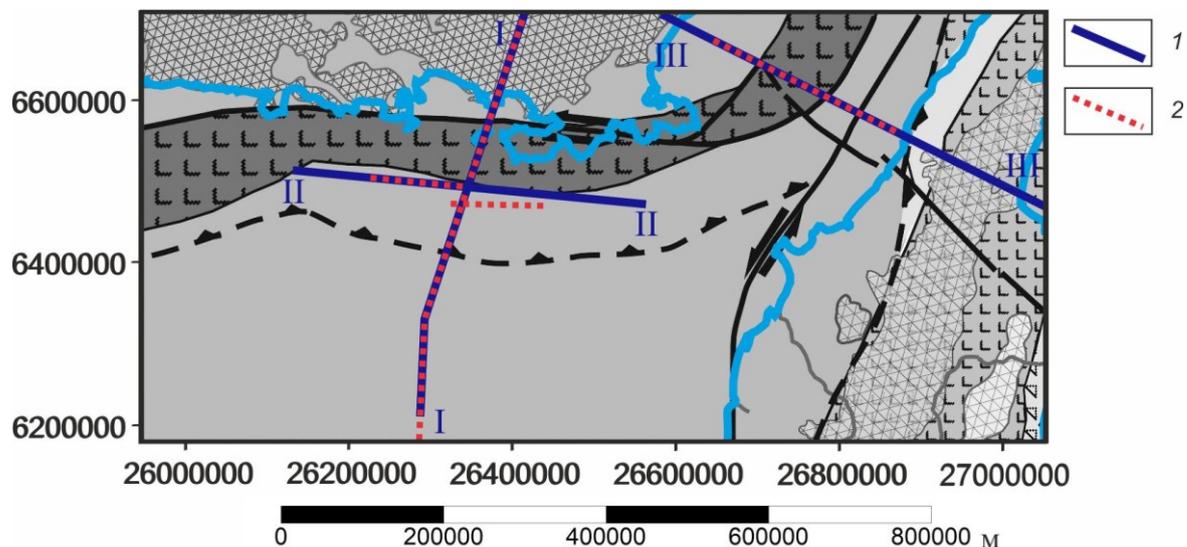


Рисунок 33 – Положение интерпретационных геофизических профилей
 а – интерпретационные профили; б – линии сейсмических профилей, используемых для построения интерпретационных разрезов

В сечениях профилей II-II и III-III, также как и в сечении профиля I-I, были выполнены решение обратной задачи потенциальных полей по А.Б. Андрееву, И.И. Приезжеву (COSCAD 3D), томография потенциальных полей по алгоритмам М.Б. Штокаленко и А.И. Атакова, инверсия данных гравитационного и магнитного полей в ИС «Балтика» (Ю.П. Горячев). Наряду с вышеперечисленными процедурами проводился расчет особых точек поля по методу деконволюции Эйлера и увязка полученных данных с материалами сейсморазведки, фрагментарно имеющимися вдоль сечений II-II и III-III. Дальнейшее моделирование для трех сечений выполнено в ПО Geosoft – Oasis Montaj на основе полученных результатов обработки и интерпретации геофизических полей.

На рисунке 34 представлен пример комплексной интерпретации геофизических данных вдоль сечения I-I: разрез плотности и магнитной восприимчивости горных пород (Рисунок 34а, 34б); сейсмический разрез в показателях рефлексивности (Рисунок 34в); интерпретационный геолого-геофизический разрез (Рисунок 34г).

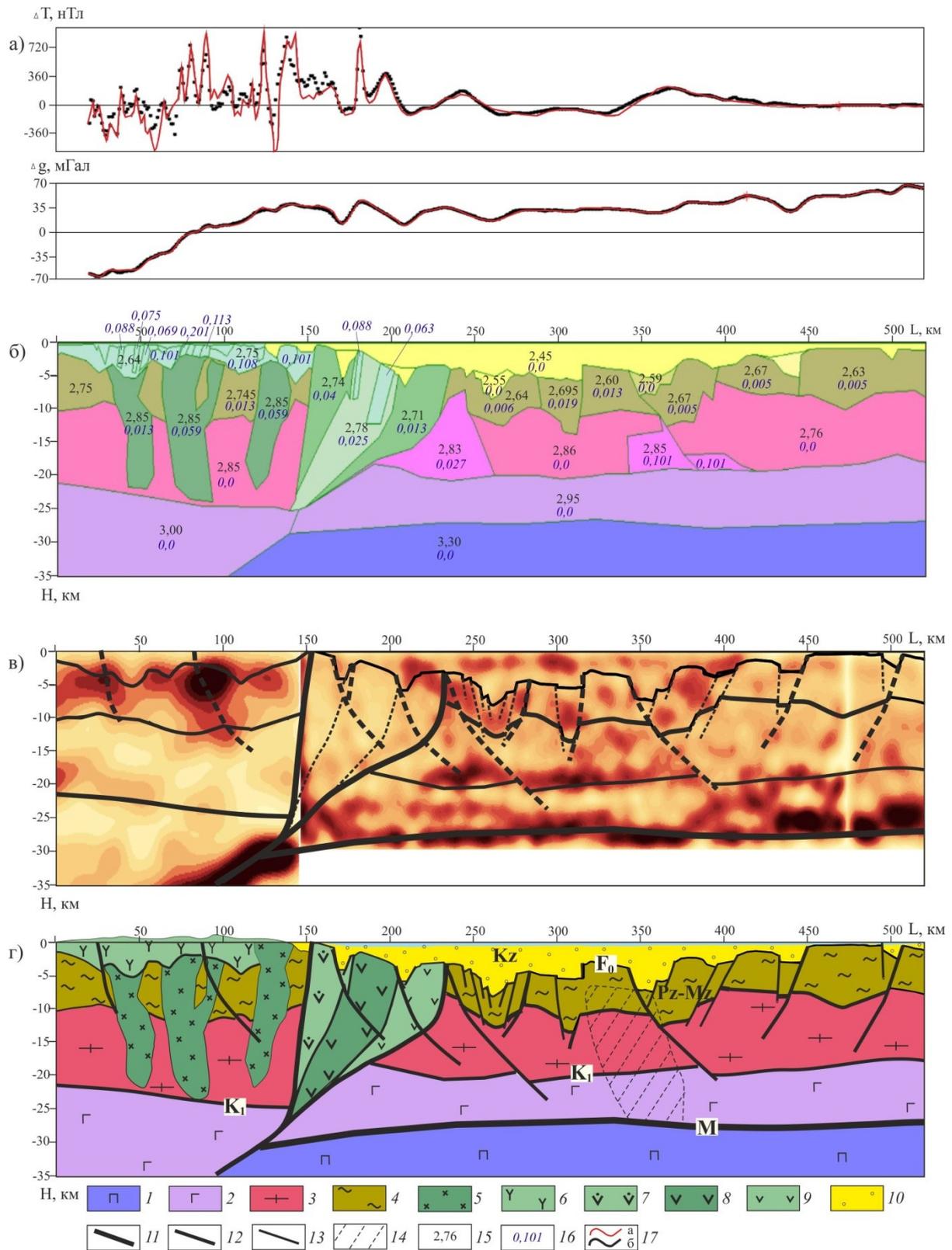


Рисунок 34 – Геологическая интерпретация комплекса геофизических данных с построением геолого-геофизического разреза вдоль профиля I-I

а – кривые магнитного и гравитационного полей; б – разрез плотности и магнитной восприимчивости горных пород; в – сейсмический разрез МОВ-ОГТ в показателях рефлексивности; г – интерпретационный геолого-геофизический разрез.

Условные обозначения рисунка 34: 1 – литосферная мантия; 2 – нижняя и средняя кора; 3 – верхняя кора; 4 – древние докайнозойские осадки; 5 – интрузивные массивы; 6 – вулканиты Охотско-Чукотского вулканического пояса; 7-9 – комплексы сутурной зоны, дифференцированные по плотности (7 – средние значения; 8 – повышенные значения; 9 – пониженные значения); 10 – осадочный кайнозойский чехол; 11 – границы сутурной зоны; 12 – основные глубинные разломы; 13 – второстепенные разломы; 14 – ареал повышенной намагниченности горных пород; 15 – плотность горных пород, г/см^3 ; 16 – магнитная восприимчивость горных пород, ед. СИ; 17 – кривые полей теоретическая (а) и расчетная (б).

Западный фланг разреза (пикеты от 0 до 150 км) представлена структурами деформированной окраины Евразийского континента и сформированного на ее поверхности Охотско-Чукотского вулканического пояса. В целом, структура земной коры этой части разреза характеризуется «нормальной» радиальной расслоенностью земной коры. Здесь моделируются комплексы нижней и средней коры с плотностью $3,0 \text{ г/см}^3$ и суммарной мощностью $\sim 20 \text{ км}$; мощность верхней коры составляет от 10 до 12 км с плотностью слагающих ее пород $2,85 \text{ г/см}^3$; осадки древнего консолидированного основания имеют плотность около $2,75 \text{ г/см}^3$ и перекрыты мощной толщью вулканитов Охотско-Чукотского пояса с параметрами магнитной восприимчивости от 0,10 до 0,20 ед. СИ. В разрезе моделируются крупные интрузивные тела с плотностью $2,85 \text{ г/см}^3$ и магнитной восприимчивостью от 0,013 до 0,059 ед. СИ. Контуры интрузий хорошо прослеживаются по данным, полученным в ходе решения обратной задачи гравиразведки (рисунок 35). Листрические разломы прослеживаются на сейсмическом разрезе до глубин 10-12 км (рисунок 34в).

В средней части разреза (пикеты от 150 до 230 км) картируется Охотско-Чукотская сутурная зона, сформированная в результате приращения Охотоморского мегаблока к окраине Евразии. В пределах этой области прослеживается латеральная зональность: плотности трех моделируемых структурных зон изменяются в пределах от $2,71$ – до $2,78 \text{ г/см}^3$, магнитная восприимчивость от 0,013 до 0,04 ед. СИ. Глубинный канал сутурной зоны погружается в сторону континента, что находит отражение на сейсмическом разрезе. Межблоковая зона служит фундаментом прогибов, сформированных в этой области в верхнем мелу – кайнозойе и перекрыта осадочным чехлом, мощность которых в отдельных грабенах достигает 5-7 км. Моделирование глубины поверхности залегания фундамента проводилось на основе данных сейсморазведки с учетом результатов расчета особых точек поля, связанных с границами основных гравимагнитных источников (рисунок 36).

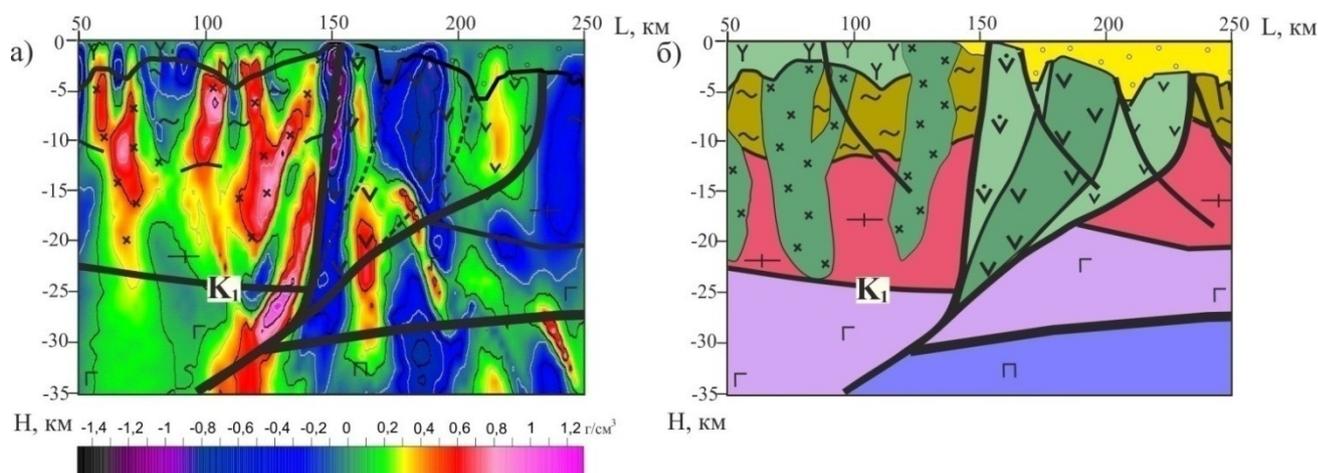


Рисунок 35 – Фрагмент сечения I-I (50 – 250 км)

а – решение обратной задачи гравirazведки с использованием алгоритма Б.А. Андреева (COSCAD 3D), б – интерпретационный геолого-геофизический разрез (Условные обозначения представлены на рисунке 34).

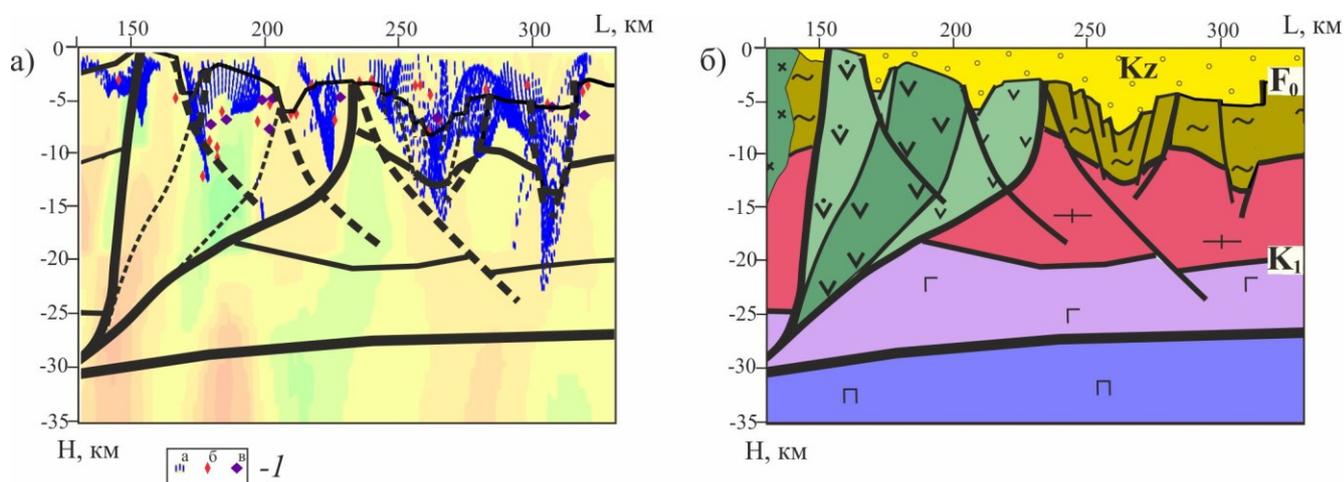


Рисунок 36 – Фрагмент сечения I-I (125-335 км)

а – результат расчета особых точек поля; б – интерпретационный геолого-геофизический разрез (Условные обозначения представлены на рисунке 34)

Условные обозначения: 1 - особые точки потенциальных полей: а - результат деконволюции Эйлера для гравитационного поля; б - результат деконволюции Вернера для магнитного поля; в - результат деконволюции Вернера для гравитационного поля.

На восточном фрагменте рассматриваемого сечения (пикеты от 230 до 450 км) моделируются структуры, формирование которых связывается с проявлением опережающих дислокаций Охотско-Чукотского регионального сдвига, заложенного на окраине Охотоморского мегаблока. По сравнению с корой Евразийского континента, кора Охотоморского блока отличается пониженной мощностью (~30 км). Плотность нижней и средней коры составляет 2,95

г/см³; верхней коры от 2,76 – до 2,86 г/см³. Результат решения обратной задачи магниторазведки в ПО COSCAD 3D по алгоритму И.И. Приезжева позволяет получить разрез относительной плотности источников магнитного поля, где в пределах интерпретируемого участка профиля картируется крупное тело с повышенным значением магнитной восприимчивости, до 0,101 ед. СИ по результатам проведенного моделирования (рисунок 37).

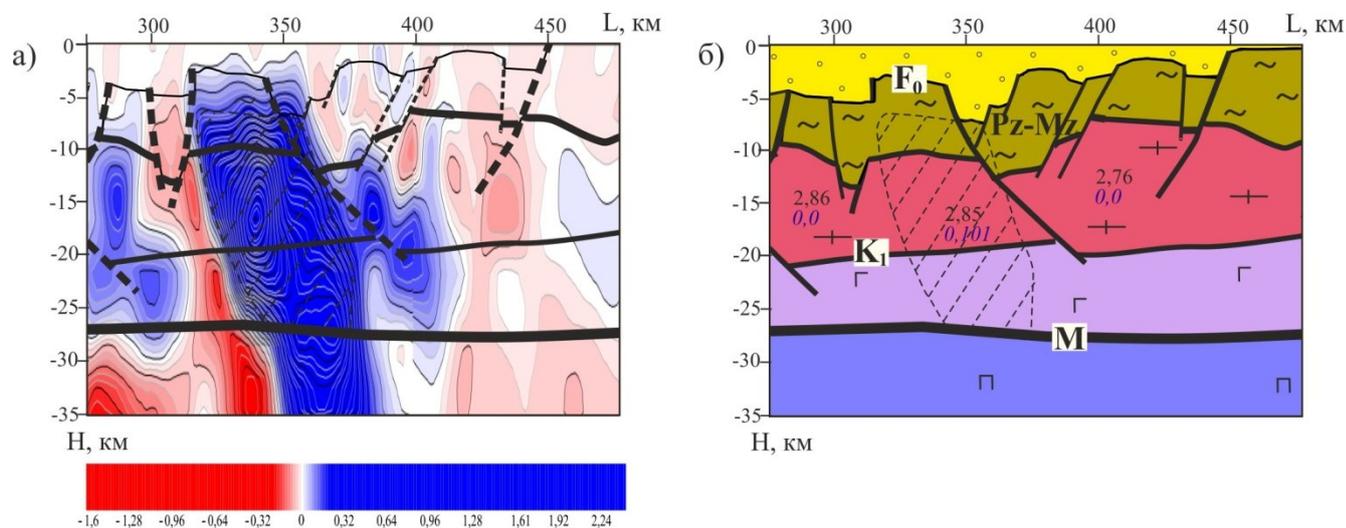


Рисунок 37 – Фрагмент сечения I-I (265-480 км)

а – результат решения обратной задачи магниторазведки по алгоритму И.И. Приезжева (COSCAD 3D); б – интерпретационный геолого-геофизический разрез (Условные обозначения представлены на рисунке 34)

В пределах ареала проявления оперяющих дислокаций Охотско-Чукотской сдвиговой зоны широко проявлены деформации растяжения, сжатия и сдвига. Рифтогенное проседание земной коры привело здесь к формированию структур Северо-Охотского осадочного бассейна. Самые глубокие депрессии – Завьяловский и Мотыклейский прогибы, имеющие мощность осадочного чехла до 10 км, разделяются Западно-Магаданским поднятием. В пределах отдельных грабенов в нижней части осадочного чехла моделируются более плотные (2,55 г/см³) породы, предположительного верхнемелового-нажнепалеоценового возраста.

Как отмечалось выше сечение I-I наиболее полно обеспечено геолого-геофизическими материалами за счет данных геотраверса 2-ДВ-М и частично 2-ДВ. Комплексная интерпретация всей имеющейся информации позволила разработать модель глубинного строения вдоль сечения I-I первоначально на качественном уровне с оценкой положения отдельных структурных элементов модели, а затем с выполнением количественной оценки физических свойств пород, слагающих эти элементы. Значительный вклад в распознавание особенностей глубинного строения структур фундамента и осадочного чеха дают результаты обработки данных

потенциальных полей, как это было показано на рисунках 35, 36, 37. Поэтому, представляется целесообразным использовать аналогичный подход к интерпретации данных в районах слабо изученных и не обеспеченных сейсмическими материалами.

В связи с этим разработка геофизических моделей вдоль сечений II-II и III-III опиралась на материалы грави- и магниторазведки с увязкой их с данными сейсморазведки фрагментарно имеющимися вдоль выбранных сечений и разработанной структурно-тектонической схемой.

Главной задачей при моделировании вдоль сечений II-II и III-III (рисунок 38, 39) было прослеживание морфологии кровли консолидированного фундамента, отражающей особенности локализации горстов и грабенов, сформированных в условиях развития сбросовых и сдвиговых деформаций. Они в свою очередь определяют особенности формирования и осадконакопления нижнего структурного этажа осадочного чехла.

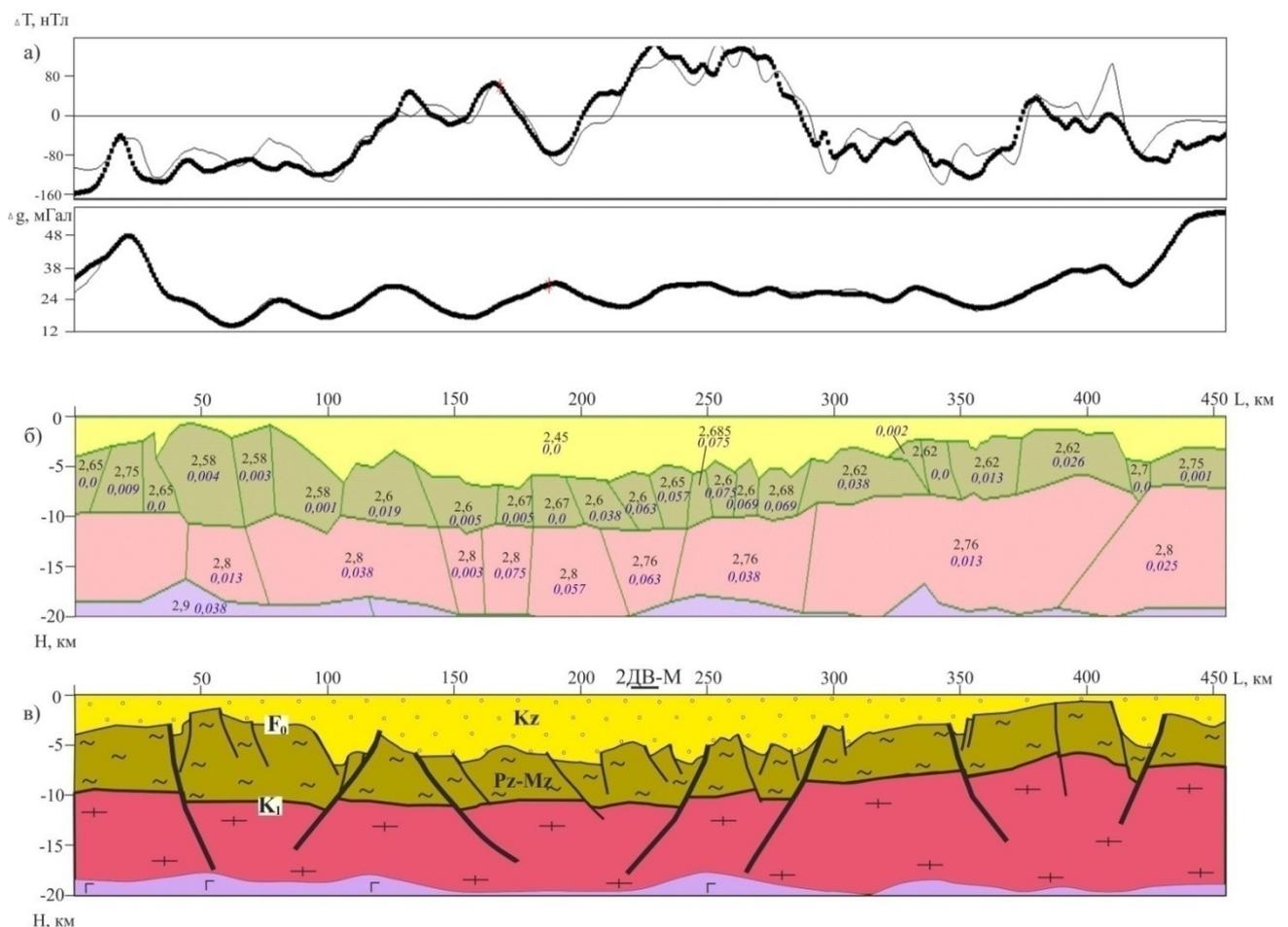


Рисунок 38 – Геологическая интерпретация комплекса геофизических данных с построением геолого-геофизического разреза вдоль профиля II-II (Условные обозначения представлены на рисунке 34)

а – кривые магнитного и гравитационного полей; б – разрез плотности и магнитной восприимчивости горных пород; в – интерпретационный геолого-геофизический разрез

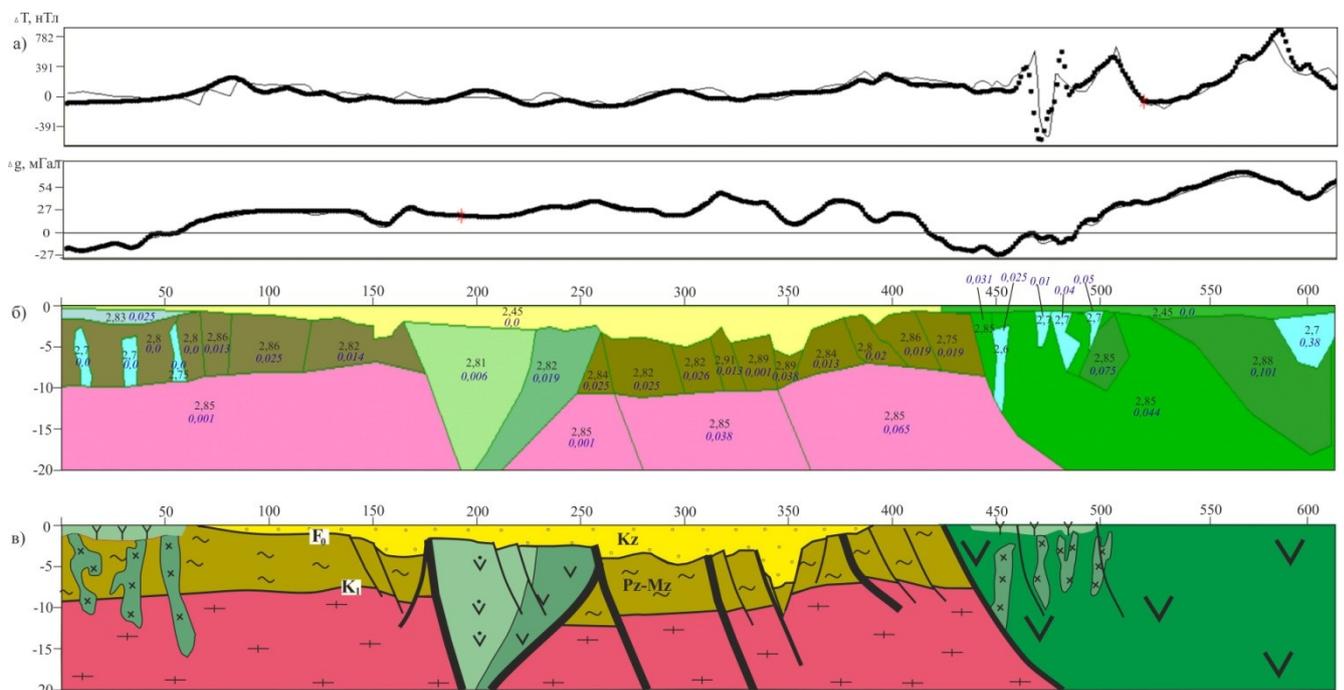


Рисунок 39 – Геологическая интерпретация комплекса геофизических данных с построением геолого-геофизического разреза вдоль профиля III-III (Условные обозначения представлены на рисунке 34)

а – кривые магнитного и гравитационного полей; б – разрез плотности и магнитной восприимчивости горных пород; в – интерпретационный геолого-геофизический разрез

На разрезах вдоль сечений II-II и III-III моделируются комплексы верхней коры с плотностями отдельных блоков от 2.76 г/см^3 до 2.85 г/см^3 и значениями магнитной восприимчивости от 0,001 до 0,075 ед. СИ. Осадки древнего консолидированного основаниями имеют плотности от 2.58 г/см^3 до 2.91 г/см^3 ; максимальное значение магнитной восприимчивости – 0.075 ед. СИ.

Разрез сечения II-II хорошо иллюстрирует структуры поднятий и прогибов, описывающих морфологию осадочного чехла. Отмечается значительная мощность кайнозойских отложений по разрезу.

В сечении III-III слева направо моделируются структуры Охотско-Чукотского вулканического пояса с крупными интрузивными телами, перекрытыми мощной толщей вулканических пород пояса. Положение сутурной зоны закартировано по особенностям потенциальных полей в латеральном измерении, а ее глубинная морфология определена по данным инверсии грави- и магниторазведки, аналогично тому, как это выполнено для сечения I-I. На восточном фланге разреза моделируется крупный блок, отвечающий части Олюторской островной дуги, причленившейся к краю континента в палеогене [83].

4.3. Структурные предпосылки выделения зон возможного нефтегазонакопления

В пределах исследуемого района наибольшей изученностью характеризуется территория Западно-Камчатской НГО, где выделено значительное число локальных поднятий, имеющих линейные очертания и объединяющихся в антиклинальные зоны. Все складки осложнены разломами, амплитуды которых достигают 760 м, особенно характерными для нижних частей осадочного чехла [10]. Складки в зонах имеют обычно кулисообразное сочленение. Это, наряду с развитием «цветковой» морфологии выделяемой системы разломов, свидетельствует о развитии сдвиговых дислокаций. Развитие эшелонированных антиклинальных зон Западной Камчатки связывается с региональным западно-камчатским сдвигом, сформировавшим структуры горстов и грабенов [78]. Отмечается приуроченность локальных складок, выделенных по результатам сейсморазведки и структурного бурения, к горстовым структурам и объединение их в зоны возможного нефтегазонакопления (рисунок 40).

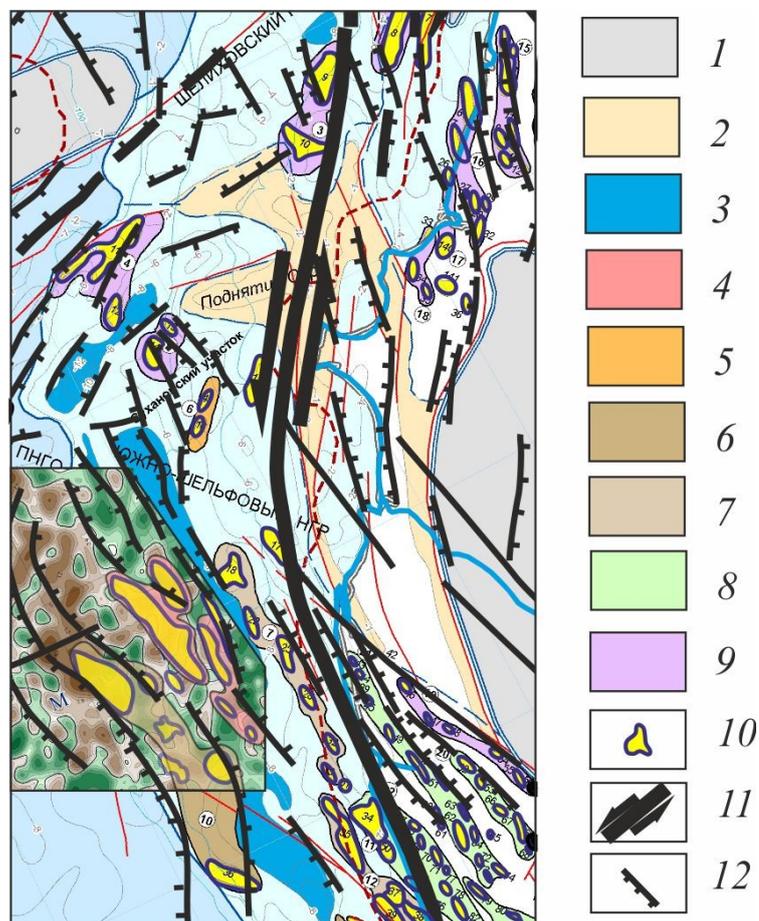


Рисунок 40 – Картирование структур горстов и грабенов по данным гравиразведки с выделением зон возможного нефтегазонакопления Западно-Камчатской (с использованием материалов ФГУП «ВНИГРИ» с авторскими дополнениями)

Условные обозначения рисунка 40: 1 – бесперспективные земли обрамления Охотской НГП; 2 – области поднятий; 3 – депоцентры с мощностью кайнозойского чехла свыше 8 км; 4-8 – плотность ресурсов УВ, тыс. т/км²: 4 – 200-500; 5 – 100-200; 6 – 50-100; 7 – 30-50; 8 – менее 30; 9

– без оценки; 10 – локальные структуры; 11 – Западно-Камчатская сдвиговая зона; 12 границы структур горстов и грабенов

Картирование структур горстов и грабенов в пределах площади исследований проводилось на основании интерпретации данных гравитационного и магнитного полей и их трансформаций. В том числе на рисунке 40 врезкой показана вертикальная составляющая градиента аномального поля силы тяжести. Горстовые структуры характеризуются положительными значениями рассчитанной трансформации поля, в то время как грабены и связанные с ними кайнозойские прогибы приурочены к отрицательным аномалиям. На рисунке прослеживается четкая ориентировка выделенных структур относительно Западно-Камчатского сдвига.

Таким образом, в пределах хорошо изученной Западно-Камчатской НГО установленные ЗВНГН приурочены к крупным линейно вытянутым горстовым поднятиям, оперяющим Западно-Камчатский региональный сдвиг. Аналогичные структуры оперения Охотско-Чукотского регионального сдвига были закартированы по результатам комплексной интерпретации данных потенциальных полей и использования алгоритма распознавания образов с обучением (Рисунок 27). Однако, не смотря на существование схожих черт строения Западно-Камчатской и Охотско-Чукотской сдвиговых зон, существует ряд значительных отличий, касающихся, главным образом, особенностей формирования структур фундамента.

В Северо-Охотском бассейне недропользователем ПАО «НК Роснефть» на лицензионных участках «Магадан-1» и «Магадан-2» по результатам сейсморазведки выделен ряд локальных антиклинальных структур. Они в свою очередь приурочены к горстовым поднятиям, более детально закартированных в рамках настоящей исследовательской работы. Таким образом, выделение ЗВНГН по структурному критерию видится в изучении особенностей морфологии пород фундамента. Это особенно актуально для северного фланга Охотской НПП, так основные перспективы нефтегазоносности связываются именно с нижней кайнозойским комплексом.

В пределах Северо-Охотского прогиба наиболее перспективен нижний (одянский) комплекс. Он везде находится в главной зоне нефтеобразования (ПК₃-МК₁) и обладает заметным генерационным потенциалом [50]. Основная проблема заключается в обнаружении коллекторов.

Дефицит коллекторов является главной проблемой нефтегазоносности всего Охотоморского региона ввиду существования резкой фациальной изменчивости пород. Решение этой проблемы видится в определении ископаемых транспортных седиментационных систем. Дельтовые образования и конусы выноса, помимо Сахалина, обнаружены на западно-камчатском шельфе (эрмановский уровень) и конинском участке северо-охотского обрамления (кулувенско-ильинский уровень).

С точки зрения перспектив нефтегазоносности северного фланга Охотской НГП выгодно отличается Шелиховский бассейн. Стоит отметить, что на формирование структур Шелиховского залива имел влияние Западно-Камчатский региональный сдвиг. В.А. Игнатова отмечает, что наибольшими перспективами обладают объекты, находящиеся в зоне сочленения разнотипных структур [36]. К тому же здесь возможно обнаружение качественных палеоген-нижнемиоценовых терригенных отложений, формирование которых обязано крупной седиментационной транспортной системе – дельты палео-Пенжины. Но из-за низкой сейсмической изученности, отсутствия скважин, и, как следствие, неоднозначности вопросов геологического строения осадочного чехла требуется доизучение этого района с целью выделения ЗВНГН по полному комплексу критериев: структурному, геохимическому, литологическому.

4.4. Выводы по Главе 4

По результатам проведенных исследований была доказана левосторонняя кинематика Охотско-Чукотской сдвиговой зоны. Определены основные черты глубинного строения структур фундамента и осадочного в пределах северного фланга Охотской НГП. Установлены особенности локализации структур грабенов и горстов как оперяющих дислокаций Охотско-Чукотского сдвига, изучена их кинематика. В пределах Западно-Камчатской НГО отмечена приуроченность известных ЗВНГН к горстовым структурам, выделенным в ходе исследований. Есть все основания предполагать наличие ЗВНГН и в пределах других осадочных прогибов северной части Охотского моря. Отмечено, что наиболее перспективным в этом плане является Шелиховский ПНГР.

Анализ всей имеющейся информации показал, что в рассматриваемом регионе имеются все предпосылки для открытия месторождений углеводородов. Здесь установлены все элементы нефтегазосносных систем: нефтегазогенерирующие толщи, возможные коллекторы и флюидоупоры, потенциальные ловушки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой предлагается новое решение актуальной научной задачи – повышение достоверности научного прогноза перспектив нефтегазоносности северного фланга Охотской НГП на региональном и зональном уровнях.

По результатам выполнения диссертационной работы сделаны следующие выводы и даны рекомендации:

1. Использование разработанной методической схемы сбора, систематизации, обработки, методной и комплексной интерпретации геолого-геофизических материалов позволило выполнить геотектоническое моделирование структур консолидированного фундамента и осадочного чехла Охотоморского региона на региональном этапе исследований. Применение дополнительных алгоритмов обработки геофизических данных на площадном этапе исследований обеспечило более высокую детальность выполненных построений в пределах северного фланга Охотской НГП. Такой методический подход рекомендован в областях, которые слабо обеспечены данными крупномасштабных геофизических съемок.

2. Выполнение геотектонического моделирования с использованием «зонально-блоковой геофизической модели земной коры» показало приуроченность осадочных бассейнов северного фланга Охотской НГП к ареалу развития сдвиговых и надвиговых дислокаций Охотско-Чукотского левостороннего регионального сдвига и их заложение на киммерийском фундаменте сутурной зоны и складчато-надвиговом поясе Охотско-Чукотской складчатой области.

3. Расшифровка морфокинематического типа разрывных дислокаций, оперяющих Охотско-Чукотский региональный сдвиг, позволила выделить структуры горстов и грабенов в пределах северной части Охотоморского региона. Было установлено, что особенности морфологии нижнекайнозойского комплекса осадочного чехла определяются закономерностями пространственного расположения структур растяжения, сжатия и сдвига, ориентирующимися в направлении ЮЗ-СВ под определенным углом к главному сдвиговому шву.

4. Опираясь на полученные в ходе исследования результирующие геолого-структурные схемы, возможно выделение наиболее перспективных площадей (по структурному критерию) детальных поисковых работ в пределах северного фланга Охотской НГП для определения участков улучшенных коллекторских свойств пород.

5. Отмечено, что основные перспективы нефтегазоносности в пределах изучаемой площади связываются с палеоген-нижнемиоценовыми терригенными отложениями Шелиховского бассейна. Здесь прогнозируется возможность обнаружения качественных

резервуаров и открытие значительных по ресурсам залежей углеводородов, что выгодно отличается этот район от других бассейнов северной части Охотского моря.

6. Для обеспечения прогноза перспектив нефтегазоносности по комплексу критериев необходимо провести тщательный анализ результатов бурения скважин совместно с изучением опорных разрезов прилегающей суши; выполнить переобработку и переинтерпретацию крупномасштабного геофизического материала по акватории, особенно в плане расшифровки как тектонической, так и седиментационной структуры палеогеновых отложений. Оценка перспектив нефтегазоносности северного фланга Охотской НГП на локальном уровне и обоснование зон с улучшенными коллекторскими параметрами возможно в случае дальнейшего проведения специализированных исследований.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ГСЗ	Глубинное сейсмическое зондирование
МОВ-ОГТ	Метод отраженных волн общей глубинной точки
НГО	Нефтегазоносная область
НГП	Нефтегазоносная провинция
НГР	Нефтегазоносный район
ПНГО	Перспективно нефтегазоносная область
ПНГР	Перспективно нефтегазоносный район
СО	Складчатая область
УВ	Углеводороды

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев, А.С. Особенности глубинного строения Байкало-Становой региональной сдвиговой зоны по геологическим, геофизическим и дистанционным данным в створе профиля 3-ДВ (южный участок) / А.С. Агеев, А.С. Егоров // Региональная геология и металлогения. – 2017. – № 70. – С. 36-40
2. Алексеев, В. И. Глубинное строение и геодинамические условия гранитоидного магматизма Востока России / В.И. Алексеев // Записки Горного Института. 2020. – Т. – 243. – С. 259-265. DOI: 10.31897/rmi.2020.3.259
3. Алексеев, С.Г. Глубинное минерагеническое изучение территорий комплексом современных методов геохимии и геофизики/ С.Г. Алексеев, С.А. Вешев, Н.А. Ворошилов и др. // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 12. – С. 40
4. Алексеев, С.Г. Достоинства и недостатки томографии потенциальных полей / С.Г. Алексеев, Н.П. Сенчина, С.Ю. Шаткевич, М.Б. Штокаленко // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 43-й сессии Междунар. науч. семинара им. Д.Г.Успенского. Воронеж: ООО ИПЦ «Научная книга», 2016. – С. 10-13.
5. Андиева, Т.А. Строение центральной части Охотского моря (в полосе профиля 2-ДВ-М) / Т.А. Андиева, Т.С. Сакулина, Л.С. Маргулис, И.М. Тихонова // Нефтегазогеологические исследования и вопросы рационального освоения углеводородного потенциала России: Сб. науч. Статей / Под ред. О.М. Прищепы и др. – СПб.: ВНИГРИ, 2009. – С. 247 – 263
6. Атаков, А.И. Геолого-геофизическая модель Кизило-Уртазымского синклинория на основе томографического анализа источников магнитного поля / А.И. Атаков, Ю.Н. Гололобов, В.Г. Мавричев // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий. – 2006. – № 6. – С. 44-45
7. Бабаянц, П.С. Изучение рельефа поверхности кристаллического фундамента по данным магниторазведки / П.С. Бабаянц, Ю.И. Блох, А.А. Трусков // Геофизика. – 2003. – № 4. – С. 37-40
8. Бактров, А.А. Геологические принципы районирования нефтегазоносных территорий / А.А. Бактров // Принципы нефтегеологического районирования в связи с прогнозированием нефтегазоносности недр. – М., 1976. – С. 16-52.
9. Баранов, Б.В. Морфология подводного вулкана Пийпа в Командорской котловине по данным съемки многолучевым эхолотом / Б.В. Баранов, Р. Вернер, В.А. Рашидов и др. // Вестник Камчатской региональной ассоциации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. – 2021. – № 2(50). – С. 6-21. – DOI 10.31431/1816-5524-2021-2-50-6-21.

10. Белонин, М.Д. Разведочный потенциал Западной Камчатки и сопредельного шельфа (нефть и газ) / М.Д. Белонин, Ю.Н. Григоренко, Л.С. Маргулис и др. – СПб.: Недра, 2003. – 120 с.
11. Блох, Ю.И. Комплексные геолого-геофизические исследования подводного вулканического массива Ратманова (Курильская островная дуга) / Ю.И. Блох, В.И. Бондаренко, А.С. Долгаль и др. // Вестник Камчатской региональной ассоциации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. – 2020. – № 2(46). – С. 55-71. – DOI 10.31431/1816-5524-2020-2-46-55-71.
12. Богданов, Н.А. О коллизии Западно-Камчатской и Охотоморской плит / Н.А. Богданов, В.Д. Чехович // Геотектоника. – 2002. – № 1. – С. 72-83
13. **Большакова, Н.В.** Ресурсный потенциал углеводородов и перспективы освоения шельфа Берингова моря, Тихого океана и сопредельной территории Восточной Камчатки / Н.В. Большакова., С.М. Данильев, Н.А. Данильева // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2020. – Т. 15. – № 4. – С. 12. – DOI 10.17353/2070-5379/34_2020
14. Брод, И.О. Основы геологии нефти и газа / Брод, И.О., Еременко Н.А. – М.: МГУ, 1950. – 245 с.
15. Веб-ГИС-Атлас ВСЕГЕИ-РОСНЕДРА : сайт. – Санкт-Петербург, 2019 – URL: Веб-ГИС-Атлас | ВСЕГЕИ-РОСНЕДРА | 2019-2022 (vsegei.ru) (дата обращения 02.03.2022) – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. Ресурс: электронный
16. Гальперина, Е.И. Строение земной коры в области перехода от Азиатского континента к Тихому океану /Под ред. Е.И. Гальперина, И.П. Корсунской. М.: Наука. – 1964. – 307 с.
17. Гнибиденко, Г.С. Основные особенности тектоники Охотского моря / Г.С. Гнибиденко, И.И. Хведчук // Геологическое строение Охотоморского региона. – 1982. – С. 3-25.
18. Гололобов, Ю.Н. Роль сдвигов в формировании структуры Северного Сахалин / Ю.Н. Гололобов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 1981. – №11. – С. 29-35
19. Гололобов, Ю.Н. Магниторазведка как метод изучения складчато-разрывных структур нефтегазоносных бассейнов / Ю.Н. Гололобов, В.Г. Мавричев, И.В. Молодцов, А.И. Атаков // Георесурсы. – 2007. – № 4(23). – С. 17-20
20. Горячев, Ю.П. Новые возможности интерпретационной системы БАЛТИКА при поисках трубок взрыва по материалам аэромагнитных съемок / Ю.П. Горячев, М.И. Добрынина // Геофизика. – 2003. – № 3. – С. 64-66
21. Горячев, Ю.П. Картирование вулкано-купольных структур Западного-Забайкалья перспективных на поиск месторождений полезных ископаемых по результатам анализа аэромагнитных данных / Ю.П. Горячев // Вопросы теории и практики геологической

интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей : Сборник научных трудов по материалам 46-й сессии Международного семинара им. Д.Г. Успенского, Пермь, 20–26 января 2019 года. – Пермь: Горный институт Уральского отделения Российской академии наук, 2019. – С. 97-101

22. Гребенников, А.В. Геодинамика и магматизм трансформных окраин тихоокеанского типа: основные теоретические аспекты и дискриминантные диаграммы /А.В. Гребенников, А.И. Ханчук // Тихоокеанская геология. 2021. Т. 40, № 1. С. 3–24. DOI: 10.30911/0207-4028-2021-40-1-3-24

23. Грецкая, Е. В., Нефтегазоносность Хатырского осадочного бассейна (Берингово море) / Е. В. Грецкая, Н. А. Петровская // Газовая промышленность. – 2010. – № S14(654). – С. 38-44.

24. Грецкая, Е.В. Строение и развитие нефтегазоносных систем Магаданского бассейна (Северо-Охотский шельф) / Е.В. Грецкая, А.В. Литвинова // Геология нефти и газа. – 2011. – № 6. – С. 132-140.

25. Грецкая, Е. В. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности российского сектора Берингова моря и Тихого океана / Е.В. Грецкая, А.В. Савицкий, Н.А. Петровская, Ю.В. Рыбак-Франко // Новые идеи в геологии нефти и газа : Сборник научных трудов, Москва, 23–24 мая 2019 года / Ответственный редактор А.В. Ступакова. – Москва: Издательство "Перо", 2019. – С. 133-137.

26. Григоренко, Ю.Н. Зоны нефтегазонакопления окраин континентов / Ю.Н. Григоренко, И.М. Миртинк, М.Д. Белонин, В.С. Соболев, Т.А. Андиева, Н.А. Андреева, Г.С. Гуревич, Л.И. Жукова, Т.А. Метлина. – М.: Геоинформцентр. – 2002. – 432 с.

27. Дербeko, И.М. Роль мезозойских геодинамических событий в формировании осадочных бассейнов обрамления Восточного фланга монголо-Охотского орогенного пояса / И.М. Дербeko, Г.Л. Кириллова, Е.В. Бугдаева, В.С. Маркевич // Геодинамика и тектонофизика. – 2021. – Т. 12. – № 4. – С. 851-864. – DOI 10.5800/GT-2021-12-4-0558.

28. Дмитриева, Л.К. Создание геофизического обеспечения Госгеолкарты-1000/3 и изучение глубинного строения шельфа Российской Федерации по геотраверсам / Л.К. Дмитриева, А.И. Атаков, Ю.И. Матвеев, Ю.В. Рослов // Региональная геология и металлогения. – 2007. – № 33. – С. 76-78.

29. Добрецов, Н.Л. Фации метаморфизма / Н.Л. Добрецов, В.В. Ровердатто, В.С. Соболев // М. Недрa. – 1970. – 432 с.

30. Долгаль, А.С. Способ разделения потенциального поля на региональную и локальную составляющие / А.С. Долгаль // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – 2021. – № 4(41). – С. 158-166.

31. Дортман, Н.Б. Петрофизика: Справочник. В трех книгах. Книга первая. П 29 Горный породы и полезные ископаемые / Под ред. Н.Б. Дортман. – М.: Недра, 1992. – 391 с.
32. Егоров, А.С. Структурные и петрофизические характеристики внутриплитных геодинамических обстановок Баренцевоморско-Карского региона и северной окраины Евразийского континента / А. С. Егоров, О. Е. Смирнов // Записки Горного института. – 2012. – Т. 197. – С. 50-58.
33. Жаров, А.Э. Стратиграфия меловых-раннепалеогеновых аккреционных комплексов Тонино-Анивского полуострова, Южный Сахалин / А.Э. Жаров, Н.Ю. Брагин, А.Н. Речкин // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2005. Т. 13. № 1. С. 87-105.
34. Забродин, В. Ю. Удский и Торомский осадочные бассейны: Геологическое строение, тектоно- стратиграфические системы, геодинамика, топливно-энергетические ресурсы : монография] / В. Ю. Забродин, Г. Л. Кириллова, А. Н. Диденко [и др.] ; под редакцией А.Н. Диденко ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Тихоокеанский государственный университет, Институт тектоники и геофизики им. Ю. А. Косыгина Дальневосточного отделения Российской академии наук. – Хабаровск : Издательство ТОГУ, 2020. – Т. 5. 158,[2] с. – (Серия «Осадочные бассейны Востока России»)
35. Игнатова, В. А. Сравнение геодинамической эволюции бассейнов Зей-Буреинского и Сунляо в связи с перспективами нефтегазоносности / В. А. Игнатова // Геология нефти и газа. – 2010. – № 2. – С. 19-28.
36. Игнатова, В. А. Геодинамические модели и нефтегазоносность бассейнов Дальнего Востока России и Юго-Восточной Азии / В. А. Игнатова // Геология нефти и газа. – 2010. – № 5. – С. 77-85.
37. Имаев, В.С. Геодинамические особенности сейсмоструктурных структур центральной части зоны Черского (Северо-Восток России) / В.С. Имаев, Л.П. Имаева, Б.М. Козьмин // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2019. Т. 24. № 2. С. 5-20. DOI 10.31242/2618-9712-2019-24-2-1
38. Кабаченко, А.О. Построение геофизической модели земной коры и выделение перспективных на поиски углеводородов региональных структур в районе залива Шелихова (Охотское море) / А.О. Кабаченко, А.Л. Пискарев // Тектоника и геодинамика Земной коры и мантии: фундаментальные проблемы-2022 : Материалы ЛПТ Тектонического совещания, Москва, 01–05 февраля 2022 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство ГЕОС", 2022. – С. 197-200
39. Калинин, Д.Ф. Потенциальная нефтегазоносность Западно-Камчатского побережья и ее связь со структурно-тектоническим строением Охотоморского региона по геофизическим данным / Д.Ф. Калинин, А.С. Егоров, **Н.В. Большакова** // Вестник Камчатской

региональной организации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. – 2022.- № 1(53). – С. 59-75. – DOI 10/31431/1816-5524-2022-1-53-59-75

40. Канарейкин, Б.А. Структурно-тектоническое строение и оценка углеводородного потенциала Восточно-Камчатского прогиба по результатам сейсморазведки / Б.А. Канарейкин, О.М. Сагайдачная, С.В. Попруженко и др. // Геофизика. – 2009. – № 1. – С. 48-55.

41. Карнюшина, Е.Е. Формирование состава и свойств пород-коллекторов нефтегазоносных бассейнов в зоне катагенеза. – Автореф. дисс. на соиск. уч. ст. доктора геол.-минер. наук. – М., 1996. – 41 с.

42. Карта аномального магнитного поля России. Масштаб 1:2500000. Под ред. Литвиновой Т.П., Красинского Е.М., Глебовского В.Ю. ВСЕГЕИ. – СПб. – 2016. Изображение (картографическое ; неподвижное ; двухмерное) : непосредственное.

43. Карта тектонического районирования России. Масштаб 1:5000000. Краткая объяснительная записка. М. – 2000. (МПР, ИМГРЭ. Геокарт) Изображение (картографическое ; неподвижное ; двухмерное) : непосредственное.

44. Кашубин, С. Н. Глубинное строение земной коры Северо-Восточной Евразии и ее континентальных окраин / С.Н. Кашубин, О.В. Петров, С.П. Шокальский и др. // Геодинамика и тектонофизика. – 2021. – Т. 12. – № 2. – С. 199-224. – DOI 10.5800/GT-2021-12-2-0521

45. Коскад 3Dt - Главная (coscad3d.ru) : комплекс спектрально-корреляционного анализа данных "КОСКАД 3D" : сайт. – Москва, 2008 – URL: [https://Коскад 3Dt - Главная \(coscad3d.ru\)](https://Коскад 3Dt - Главная (coscad3d.ru) (дата обращения 26.01.2022) – Текст: электронный) (дата обращения 26.01.2022) – Текст: электронный

46. Кровушкина, О.А. Тектоническая эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов северной части Охотского моря / О.А. Кровушкина, А.Э. Жаров // Геология нефти и газа. – 2003. – № 2. – С. 2 – 11.

47. Леликов, Е.П. Гранитоидный магматизм Японского и Охотского морей / Е.П. Леликов, А.А. Пугачев // Петрология. – 2016. – Т. 24. – № 2. – С. 212. DOI: 10.7868/S0869590316020059

48. Мавричев, В.Г. Технология аэрогеофизических съемок при поисках гипергенного оруденения на Среднем Тимане / В.Г. Мавричев, И.В. Молодцов, В.А. Безукладнов и др. // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 8. – С. 34-38.

49. Маргулис, Л.С. Секвенстратиграфия и нефтегазоносность Охотоморского региона: Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. доктора геол.-минер. наук. – СПб, 2002. – 50 с.

50. Маргулис, Л.С. Нефтегеологическое районирование и оценка нефтегазовых ресурсов Дальневосточных морей / Л. С. Маргулис // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2009. – Т. 4. – № 2. – С. 1-17.

51. Маргулис, Л.С. Состояние и проблемы воспроизводства сырьевой базы углеводородов Дальнего Востока / Л.С. Маргулис, Ю.В. Подольский, И.С. Боровиков, Л.М. Пылина // Минеральные ресурсы России. – 2013. – № 5. – С. 1-31.
52. Мартынов, А.Ю. Плейстоценовый базальтовый вулканизм о. Кунашир (Курильская островная дуга): минералогия, геохимия, результаты компьютерного моделирования / А.Ю. Мартынов, Ю.А. Мартынов // Петрология. – 2017. – Т. 25, № 2. – С. 194–214. DOI: 10.7868/S0869590317020030
53. Мовчан, И.Б. Выявление факторов структурного контроля коренных золоторудных проявлений методом беспилотной аэромагниторазведки на примере Нерюнгринского района Якутии / И.Б. Мовчан, З.И. Шайгаллямова, А.А. Яковлева // Записки Горного института. 2022. Т. 000. С. 1-17. DOI: 10.31897/PMI.2022.23
54. Мороз, Ю. Ф. Глубинное строение Центрально-Камчатского прогиба по данным геоэлектрики и сейсмической томографии / Ю.Ф. Мороз, Л.И. Гонтовая, В.А. Логинов, И.С. Улыбышев // Вулканология и сейсмология. – 2018. – № 6. – С. 42-56. – DOI 10.1134/S0203030618060068.
55. Новиков, Ю. Н. Перспективные ресурсы углеводородного сырья Дальневосточного региона: проблемы подготовки, учета, подтверждаемости / Ю.Н. Новиков, **Н.В. Большакова** // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2010. – Т. 5. – № 4. – С. 11.
56. Новиков, Ю. Н. Территориальный углеводородный потенциал Дальнего Востока в XXI веке: итоги геологоразведочных работ и тенденции недропользования / Ю.Н. Новиков, Л.С. Маргулис, Т.А. Андиева, Л.М. Пылина, **Н.В. Большакова**, О.И. Крестина, Е.С. Турова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2015. – Т. 10. – № 2. – С. 4. – DOI 10.17353/2070-5379/23_2015.
57. Объяснительная записка к тектонической карте Охотоморского региона. Масштаб 1 : 2 500 000/ под ред. Богданова Н.А. и В.Е. Хаина – М.: 2000. – 193 с.
58. Орлов, В.П. Геология и полезные ископаемые России. В шести томах. Том 5. Арктические и дальневосточные моря. Книга 2. Дальневосточные моря, их континентальное и островное обрамление / Отв. ред. Орлов В.П., Ротман В.К. – ФГБУ «ВСЕГЕИ». – Санкт-Петербург, 2005. – 303 с.
59. Павленкова, Н.И. Глубинное строение и геодинамика Охотского региона / Н.И. Павленкова, С.Н. Кашубин, Л.И. Гонтовая и др. // Региональная геология и металлогения. – 2018. – № 76. – С. 70 – 82
60. Петров, А. В. Обработка и интерпретация геофизических данных методами вероятностно-статистического подхода с использованием компьютерной технологии "КОСКАД

3D" / А.В. Петров, Д.Б. Юдин, Хоу Сюели // Вестник Камчатской региональной организации Учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле. – 2010. – № 2(16). – С. 126-132.

61. Петровская, Н.А. Перспективы нефтегазоносности Шелиховского осадочного бассейна / Н.А. Петровская, Е.В. Грецкая // Разведка и охрана недр. – 2017. – № 2. – С. 31-37.

62. Пискарёв, А. Л. Глубинное строение земной коры Охотского моря по данным 3D сейсмоплотностного моделирования / А.Л. Пискарёв, В.В. Буценко, В.А. Посёлов, В.А. Савин // Океанология. – 2012. – Т. 52. – № 3. – С. 437–448.

63. Полин, В. Ф. Первые данные U/Pb- и $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ -датирования Преджугджурских вулканитов – новое свидетельство одновременности формирования отдельных звеньев Охотско-Чукотского вулканогенного пояса / В.Ф. Полин, Тихомиров П.Л., Ханчук А.И., Травин А.В. // Доклады Российской академии наук. Науки о Земле. – 2021. – Т. 497. – № 2. – С. 107-115. – DOI 10.31857/S2686739721040125.

64. Прошкина, З. Н. Структура, вещественный состав и глубинное строение океанского склона центральных Курил: новые детали / З.Н. Прошкина, Р.Г. Кулинич, М.Г. Валитов // Тихоокеанская геология. – 2017. – Т. 36. – № 6. – С. 58-69.

65. Сакулина, Т.С. Геологическая модель Охотоморского региона по данным опорных профилей 1-ОМ и 2-ДВ-М / Т.С. Сакулина, А.П. Каленич, А.И. Атаков и др. // Разведка и охрана недр. – 2011. – № 4. – С. 36 – 43.

66. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2021620309 Российская Федерация. База данных фонда буровых скважин Дальневосточного региона: № 2021620172: заявл. 15.02.2021: опублик. 20.02.2021 / **Н.В. Большакова**, Н.А. Данильева, Н.В. Васильева; заявитель ФГБУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет».

67. Сенчина, Н.П. Физико-геологическое моделирование объектов интереса нефтегазовой геологоразведки / Н.П. Сенчина, Г.С. Григорьев, В.Д. Гулин // Вопросы теории и практики геологической интерпретации геофизических полей : Материалы 47-й сессии Международного научного семинара Д. Г. Успенского - В. Н. Страхова, Воронеж, 27–30 января 2020 года. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2020. – С. 248-253.

68. Сенчина, Н.П. Деконволюция Эйлера в интерпретации данных потенциальных полей Казанско-Кажимского авлакогена / Н.П. Сенчина // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 11-2(113). – С. 7-13. – DOI 10.23670/IRJ.2021.113.11.037

69. Соловьев, А.В. Изучение тектонических процессов в областях конвергенции литосферных плит (методы трекового и структурного анализа) / Соловьев А.В. М.: Наука. – 2008. – 314 с.

70. Сухов, А.Н. Возраст фундамента подводного хребта Ширшова (Берингово море) по результатам исследования цирконов методом U-Pb-shrimp / А.Н. Сухов, В.Д. Чехович, А.В. Ландер, С.Л. Пресняков, Е.Н. Лепехина // Доклады Академии наук. – 2011. – Т. 439. – № 2. – С. 233-239.
71. Трифонов, В.Г. Неотектоника подвижных поясов / В.Г. Трифонов // Труды Геологического института. – 2017. – № 614. – С. 1-180.
72. Уткин, В.П. Сдвиговый тектогенез и структурообразующее течение коровых масс Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода / В.П. Уткин // Литосфера. – 2019. – Т. 19. – № 5. – С. 780-799. – DOI 10.24930/1681-9004-2019-19-5-780-799.
73. Фернандес, М.А.Н. Комплексная интерпретация гравитационных и магниторазведочных данных для прогноза углеводородов с применением “томографии потенциальных полей” для Лено-Тунгусской нефтегазовой провинции / М.А.Н. Фернандес, М.Ю. Орешкова, А.К. Попова // Молодые - Научкам о Земле : Материалы IX Международной научной конференции молодых ученых. В 7-ми томах, Москва, 23 октября 2020 года / Редколлегия: В.А. Косьянов, В.Ю. Керимов, В.В. Куликов. – Москва: Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (филиал), 2020. – С. 52-56
74. Филатова, Н.И. Новые данные о тектонической позиции мезозойских пород Западной Камчатки в структурах среднемелового орогенного пояса востока Азии / Н.И. Филатова // Доклады Академии Наук. – 2014. – Т. 455. – № 5. – С. 556–561. DOI: 10.7868/S0869565214110164
75. Хаин, В.Е. Тектоника континентов и океанов / В.Е. Хаин – М.: Научный мир, 2001. – 606 с. УДК: 551.24, ISBN: 5-89176-138-6
76. Хаин, В.Е. Крупномасштабная цикличность в тектонической истории Земли и ее возможные причины / В.Е. Хаин // Геотектоника. 2000. № 6. С. 3 - 18.
77. Харахинов, В.В. Геодинамические условия нефтегазоносности Охотоморского региона / В.В. Харахинов // Геология нефти и газа. – 2018. – № 4. – С. 25-39. DOI: 10.31087/0016-7894-2018-2-25-39
78. Харахинов, В.В. Геодинамические условия формирования осадочных (нефтегазоносных и потенциально нефтегазоносных) систем Охотоморского региона / В.В. Харахинов // Геология нефти и газа. – 2020. – № 1. – С. 81-99. – DOI 10.31087/0016-7894-2020-1-81-99
79. Хисамутдинова, А.И. Реконструкция источников сноса среднеэоценовых отложений Западно-Камчатского осадочного бассейна (Тигильский район) /

- А.И. Хисамутдинова, А.В. Соловьев, Д.В. Рожкова // Литология и полезные ископаемые. – 2016. – № 4. – С. 359-383.
80. Худолей, А.К. Новые данные о рифейском тектогенезе на Северо-Востоке России / А.К. Худолей, Р. Рейнбирд, Р. Стерн, А.П. Кропачев и др. // Тектоника, геодинамика и процессы магматизма и метаморфизма. Материалы XXXII Тектонического совещания. – Том II. – 1999. – С. 261-264.
81. Цуканов, Н.В. Тектоно-стратиграфические комплексы южного сегмента Кроноцкой палеодуги (Восточная Камчатка): строение, возраст и состав / Н.В. Цуканов, Т.Н. Палечек, А.В. Соловьев, Д.П. Савельев // Тихоокеанская геология. – 2014. – Т. 33. – № 4. – С. 3-17. DOI: 10.1134/S1819714014040083
82. Чехович, В.Д. Геодинамика северо-западного сектора Тихоокеанского подвижного пояса в позднемеловое – раннепалеогеновое время / В.Д. Чехович, А.Н. Сухов, М.В. Кононов и др. // Геотектоника. – 2009. – № 4. – С. 37 – 62. DOI: 10.1134/S0016852109040049
83. Шапиро, М.Н. Кинематическая модель формирования Олюторско-Камчатской складчатой области / М.Н. Шапиро, А.В. Соловьев // Геология и геофизика. – 2009. – Т. 50. – № 8. – С. 863 – 880.
84. Ageev, A. The principal characterized features of earth's crust within regional strike-slip zones / A. Ageev, A. Egorov, N. Krikun // Advances in Raw Material Industries for Sustainable Development Goals. 1st edition. – 2020. – P. 78-83
85. agtsys.ru: геофизическая аппаратура, программное обеспечение и оборудование для геологоразведочной отрасли : сайт. – Москва, 2010 – URL: [https://Depth to Basement \(agtsys.ru\)](https://Depth to Basement (agtsys.ru)) (дата обращения 09.10.2021) – Текст: электронный
86. Avdeiko, G.P. Evolution of the Kurile-Kamchatkan volcanic arcs and dynamics of the Kamchatka-Aleutian junction: geophysical monograph series / G.P. Avdeiko, D.P. Savelyev, A.A. Palueva, S.V. Popruzhenko // Trans Amer Geophys Union. – 2007. – V. 172. – P. 37.
87. Bindeman, I.N. Archean protolith and accretion of crust in Kamchatka: SHRIMP dating of zircons from Sredinny and Ganal Massifs / I. N. Bindeman, V.I. Vinogradov, J.W. Valley, J.L. Wooden, B.A. Natal'in // The Journal of Geology. – 2002. – V. 110(3). – P. 271–289. DOI: 10.1086/339532
88. **Bolshakova, N.** Evaluation of hydrocarbon potential of Eastern Kamchatka by the results of modern geological-geophysical researches Saint Petersburg 2020 - Geosciences: Converting Knowledge into Resources, 2020. Volume 2020, P.1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202053061>
89. **Bolshakova, N. V.** The possibilities of using a qualitative interpretation of the potential for creating a zonal-block model of the northern flank of the Okhotsk sea region / Bolshakova N. V.,

Fedorova K. S. // Paper presented at the 17th Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics 2021, DOI:10.3997/2214-4609.202152157

90. Cooper, A.K. Evidence for Cenozoic crustal extension in the Bering Sea region / A.K. Cooper, M.S. Marlow, D.W. Scholl, A.J. Stevenson // *Tectonics*. – 1992. – V. 11. – № 4. – P. 719–731.

91. earthquake.usgs.gov: earthquake hazards programm : сайт. – USA, 2006. – URL: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map> (дата обращения 08.09.2021) – Режим доступа: для не зарегистрир. пользователей. Ресурс: электронный. Режим доступа: незарегистрированный пользователь.

92. Egorov, A.S. Deep Structure, Tectonics and Petroleum Potential of the Western Sector of the Russian Arctic / A.S. Egorov, O.M. Prischeпа, Y.V. Nefedov, V.A. Kontorovich, I.Y. Vinokurov // *Journal of Marine Science and Engineering*. – 2021 – V. 9. – P. 258.

93. Harding, T.P. Petroleum traps associated with wrench faults / T.P. Harding // *AAPG Bulletin*. – 58 (7). – 1974. – P. 1290–1304

94. Kashubin, S.N. Earth's crust model of the South-Okhotsk Basin by wide-angle OBS data / S.N. Kashubin, O.V. Petrov, A.V. Rybalka, E. D. Milshtein, S.P. Shokalsky, M. L. Verba, E. O. Petrov // *Tectonophysics*. – 2017. – P. 710–711: 37–55. DOI: 10.1016/j.tecto.2016.11.021

95. Kemkin, I.V. Accretionary prisms of the Sikhote-Alin orogenic belt: composition, structure and significance for reconstruction of the geodynamic evolution of the Eastern Asian margin / I.V. Kemkin, A.I. Khanchuk, R.A. Kemkina // *Journal of Geodynamics*. – 2016. – V. 102. – P. 202-230. DOI: 10.1016/j.jog.2016.10.002

96. Konstantinovskaya, E. Early Eocene Arc–Continent Collision in Kamchatka, Russia: Structural Evolution and Geodynamic Model / E. Konstantinovskaya, D. Brown, P. Ryan // *Frontiers in Earth Sciences*. – 2011. – V. 4. – P. 247-277 DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-88558-0_9

97. Laye, P. Ages of igneous basement from the Komandorsky Islands, FarWestern Aleutian Ridge/ P. Layer, D. Scholl, R. Newberry // *AGU Fall Meeting Abstracts*. – 2007. – P. 44-52.

98. Maruyama, S. Paleogeographic maps of the Japanese Islands: plate tectonic synthesis from 750 Ma to the present / S. Maruyama, Y. Isozaki, G. Kimura, M. Terabayash // *Island Arc*. – 1997. V. 6. – P 121–142.

99. Ogg, J.G. Geomagnetic polarity timescale. Chapter 5 / J.G. Ogg // *The geologic timescale*. – 2012. – P. 85–113. DOI: 10.1016/B978-0-12-824360-2.00005-X

100. Parfenov, L.M. Mesozoic tectonic evolution of northeastern Asia / L.M. Parfenov, B.A. Natal'in // *Tectonophysics*. 1986. V. 127. P. 291–304 [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(86\)90066-1](https://doi.org/10.1016/0040-1951(86)90066-1)

101. Park, R.G. Geological structures and moving plates / R.G. Park. Glasgow and London., Blackie. – 1988. – 337 p.

102. Park, R.G. Foundations of Structural Geology / R.G. Park. Chapman & Hall, London. – 1997. – 202 p.
103. Scholl, D.W. Viewing the tectonic evolution of the Kamchatka-Aleutian (KAT) connection with an Alaska crustal extrusion perspective / D.W. Scholl // *Volcanism and Subduction: The Kamchatka Region*. – 2007. – V. 172. – P. 3–35. DOI: 10.1029/172GM03
104. Schellart, W. P. Asymmetric deformation in the backarc region of the Kuril arc, northwest Pacific: New insights from analogue modeling / W.P. Schellart, M.W. Jessell, G.S. Lister // *Tectonics*. – 2003. – V. 22(5). – P. 1047-1064. DOI: 10.1029/2002TC001473
105. Silaev, V. I. Mineral Phase Paragenesis in Explosive Ejecta Discharged by Recent Eruptions in Kamchatka and the Kuril Islands. Part 1. Diamonds, Carbonaceous Phases, and Condensed Organoids / V.I. Silaev, G.A. Karpov, L.P. Anikin // *Journal of Volcanology and Seismology*. – 2019. – V. 5 (13). – P. 323-334. DOI: 10.1134/S0742046319050051
106. Smith, W. Global Sea Floor Topography from Satellite Altimetry and Ship Depth Soundings / W. Smith, D. Sandwell // *Science*. – 1997. – V. 277(5334). – P. 1956-1962. DOI: 10.1126/science.277.5334.1956
107. Seton, M. Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma / M. Seton, R.D. Müller, S. Zahirovic, et al. // *Earth-Science Reviews*. – 2012. – V. 113(3-4). – P. 212-270. DOI: 10.1016/j.earscirev.2012.03.002
108. *Tectonics of Asia (Northern, Central and Eastern Asia)*. – Cham : Springer Nature, 2021. – 262 p. – (Springer Geology). c ISBN 978-3-030-62001-1.
109. Vaes, B. Reconstruction of subduction and back-arc spreading in the NW Pacific and Aleutian Basin: Clues to causes of Cretaceous and Eocene plate reorganizations / B. Vaes, D. J. J. van Hinsbergen, L. M. Boschman // *Tectonics*. – 2019. – V. 38. – P. 1-47. DOI: 10.1029/2018TC005164
110. Yong-Tai, Yang An unrecognized major collision of the Okhotomorsk Block with East Asia during the Late Cretaceous, constraints on the plate reorganization of the Northwest Pacific / Yang Yong-Tai // *Earth-Science Reviews*. – 2013. – V. 126. – P. 96–115 DOI: 10.1016/j.earscirev.2013.07.010
111. Zhao, P. Timing of Okhotsk sea plate collision with Eurasia plate: Zircon U - Pb age constraints from the Sakhalin Island, Russian Far East / P. Zhao, I. Alexandrov, B.M. Jahn, V. Ivin // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. – 2018. – V. 123. – P. 8279–8293. DOI: 10.1029/2018JB015800
112. Zelenetsky, D. S. Technology of interpretation of gravimagnetic data at GMK-500 on diamonds on the territory of the eastern part of the Baltic shield and its framing / D. S. Zelenetsky, V. L. Altman, E. I. Zubov et al. // *Abstracts of the XII International Symposium IAGOD*. – 2006.

113. Zonenshain, L. P. *Geology of the USSR: A plate-tectonic synthesis* / L. P. Zonenshain // Amer. Geophys. Union, Geodynamic Ser. 1990. 242 p. DOI: 10.1029/GD021

СПИСОК ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА***РИСУНКИ***

Рисунок 1 – Схема обеспеченности Охотоморского региона геофизическими основами для Госгеолкарты-1000 по состоянию на 15.03.2022 г.

Рисунок 2 – Сводные модели карт аномального магнитного (а) и гравитационного (б) полей Охотоморского региона и структур его складчатого обрамления

Рисунок 3 – Изученность акватории Охотского моря сейсморазведочными работами

Рисунок 4 – Схема нефтегазогеологического районирования акваторий и территорий Дальневосточного региона

Рисунок 5 – Цифровые модели потенциальных полей

Рисунок 6 – Методическая схема сбора, обработки и интерпретации комплекса геолого-геофизических данных на разных стадиях исследований

Рисунок 7 – Локальная составляющая магнитного (а) и гравитационного (б) полей, рассчитанные с использованием ПО Geosoft - Oasis Montaj

Рисунок 8 – Карты классификаций потенциальных полей

Рисунок 9 – Окно программы PCIGeomatica с подбором параметров построения линеаментов по карте псевдорельефа гравитационного поля

Рисунок 10 – Карта классификации территории Северо-Охотского бассейна по вероятности подобия по набору признаков с наиболее контрастными в потенциальных полях горстовыми

Рисунок 11 – Фрагмент профилей 2-ДВ и 2-ДВ-М

Рисунок 12 – Результат решения обратной задачи магниторазведки по алгоритму И.И. Приезжева (COSCAD 3D) и его предварительная геологическая интерпретация

Рисунок 13 – Последовательность операций в рамках программы COSCAD 3D и в технологической увязке с инверсией гравиметрических данных по алгоритму Б.А. Андреева

Рисунок 14 – Результат решения обратной задачи гравиразведки по алгоритму Б.А. Андреева (COSCAD 3D) (фрагмент профилей 2-ДВ и 2-ДВМ)

Рисунок 15 – Пример решения обратной задачи по алгоритму М.Б. Штокаленко по гравитационному (а) и магнитному (б) полям вдоль геотраверса 2-ДВ-М

Рисунок 16 – Геофизический разрез земной коры по алгоритму А.И. Атакова

Рисунок 17 – Геофизический разрез земной коры по алгоритму Ю.П. Горячева (ИС «Балтика»)

Рисунок 18 – Результаты расчета особых точек поля (зеленой линией показана поверхность акустического фундамента)

Рисунок 19 – Схема тектонического районирования консолидированной коры Охотоморского региона и структур его складчатого обрамления (а); карта безэталонной классификации локальной составляющей потенциальных полей (б)

Рисунок 20 – Проявление структур Охотско-Чукотской аккреционно-коллизивно-активноокраинной складчатой области в геофизических полях

Рисунок 21 – Проявление в геофизических полях структур Западной Камчатки и северной части Охотоморского мегаблока

Рисунок 22 – Проявление в геофизических полях структур Северо-Сахалинской – Сихотэ-Алиньской коллизивно-активноокраинной складчатой области

Рисунок 23 – Глубинный геолого-геофизический разрез в сечении сводного разреза и его проявление в гравитационном (dG) и магнитном (dT) полях

Рисунок 24 – Схема осадочного чехла Охотоморского региона

Рисунок 25 – Схема тектонического районирования консолидированной коры и перекрывающих структур осадочного чехла северного фланга Охотоморского региона

Рисунок 26 – Локальные составляющие и классификации потенциальных полей северной части Охотоморского региона

Рисунок 27 – Схема тектонических деформаций, оперяющих региональные сдвиговые зоны, по результатам линеamentного анализа потенциальных полей и их трансформаций северного фланга Охотской НПП

Рисунок 28 – Простираание осей основных блоков относительно Охотско-Чукотского левостороннего сдвига

Рисунок 29 – Ориентация осей грабенов (а) и горстов (б) относительно главного шва Охотско-Чукотского сдвига.

Рисунок 30 – Модель эллипсоида деформаций левостороннего сдвига и представление их структурного распределения

Рисунок 31 – Ориентация сбросов и взбросов относительно главного шва Охотско-Чукотского сдвига

Рисунок 32 – Расшифровка морфокинематического типа разрывных дислокаций, оперяющих Охотско-Чукотский и Западно-Камчатский региональные сдвиги

Рисунок 33 – Положение интерпретационных геофизических профилей

Рисунок 34 – Геологическая интерпретация комплекса геофизических данных с построением геолого-геофизического разреза вдоль профиля I-I

Рисунок 35 – Фрагмент сечения I-I (50 – 250 км)

Рисунок 36 – Фрагмент сечения I-I (125-335 км)

Рисунок 37 – Фрагмент сечения I-I (265-480 км)

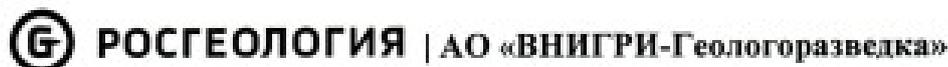
Рисунок 38 – Геологическая интерпретация комплекса геофизических данных с построением геолого-геофизического разреза вдоль профиля II-II

Рисунок 39 – Геологическая интерпретация комплекса геофизических данных с построением геолого-геофизического разреза вдоль профиля III-III

Рисунок 40 – Картирование структур горстов и грабенов по данным гравиразведки с выделением зон возможного нефтегазонакопления Западно-Камчатской

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Акт об использовании результатов кандидатской диссертации



Акционерное общество
«ВНИГРИ - Геологоразведка»

Россия, 192019, Санкт-Петербург,
ул. Финсовая, д. 20, корп. 2, лит. А
тел.: (812) 412-76-80,
факс: (812) 412-98-83
www.geolriaz.com
E-mail: geo@geolriaz.com

24.05.2022 № 183

На № _____

Утверждаю
Исполнительный директор
АО «ВНИГРИ-Геологоразведка»
Краснов О.С.



АКТ

об использовании результатов
кандидатской диссертации

Большаковой Натальи Владимировны

по научной специальности 1.6.9 – Геофизика

Комиссия в составе:

Председатель комиссии: Кушмар И.А. – к.г.-м.н., начальник отдела прогноза нефтегазоносности территорий и акваторий Северо-Запада и Востока России;

Члены комиссии: Семенов В.П. – к.г.-м.н., ведущий научный сотрудник; Дмитриева Т.В. – к.г.-м.н., заведующая лабораторией отдела стратиграфии; Черданцев Г.А. – инженер-геолог I категории.

Секретарь комиссии: Полякова М.Е., ведущий специалист по организационному обеспечению управления персоналом.

составили настоящий акт о том, что результаты кандидатской диссертации на тему «Глубинное строение северного фланга Охотской нефтегазоносной провинции по данным комплексных геолого-геофизических исследований», представленной на соискание ученой степени кандидата наук, использованы в деятельности АО «ВНИГРИ-Геологоразведка» при выполнении тектонического районирования территорий и акваторий Дальневосточного региона в рамках Договора «Уточнение количественной оценки ресурсов нефти, газа и конденсата шельфа Балтийского, Японского, Охотского морей и шельфа Тихого океана по состоянию изученности на 01.01.2017 г.». Использование указанных результатов позволяет значительно повысить достоверность прогноза перспектив нефтегазоносности и уточнить ресурсные оценки отдельных нефтегазогеологических элементов районирования.

Председатель комиссии

Начальник отдела прогноза
нефтегазоносности территорий
и акваторий Северо-Запада
и Востока России, к.г.-м.н.

Кушмар И.А.

Члены комиссии:

Ведущий научный сотрудник,
к.г.-м.н.



Семенов В.П.

Заведующая лабораторией
отдела стратиграфии,
к.г.-м.н.



Дмитриева Т.В.

Инженер-геолог I категории



Черданцев Г.А.

Секретарь комиссии:

Ведущий специалист
по организационному обеспечению
управления персоналом



Полякова М.Е.

С уважением,
Исполнительный директор




О.С. Кравцов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Свидетельство о государственной регистрации базы данных

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации базы данных

№ 2021620309

**База данных фонда буровых скважин Дальневосточного
региона**

Приобретатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский горный университет» (RU)*

Авторы: *Большакова Наталья Владимировна (RU),
Данильева Наталья Андреевна (RU), Васильева Наталья
Васильевна (RU)*

Заявка № 2021620172

Дата поступления 15 февраля 2021 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре баз данных 20 февраля 2021 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Г. Н. Иванов'.

Г. Н. Иванов