

**ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ПЕТРОТРЕЙС»**

На правах рукописи



ШЕГАЙ Вадим Игоревич

**АКТУАЛИЗАЦИЯ ЗОНАЛЬНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СЕВЕРО-
ВОСТОЧНОГО ШЕЛЬФА ОСТРОВА САХАЛИН**

25.00.12 – Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:
кандидат геолого-минералогических наук
Толстикова Алексей Владимирович

МОСКВА - 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ШЕЛЬФА ОСТРОВА САХАЛИН.....	10
1.1. Краткий обзор изученности территории.....	10
1.2. Литолого-стратиграфическое описание разреза	17
1.3. Структурно-тектоническая характеристика площади	28
1.4. Нефтегазосность.....	31
2. Сейсмогеологический анализ.....	39
2.1. Сейсмостратиграфическая характеристика	39
2.2. Сейсмогеологическая увязка данных	42
2.2.1. Принципиальная увязка.....	42
2.2.2. Увязка данных в интервале нижнемиоценового дагинского горизонта.....	42
2.2.3. Увязка данных в интервале верхнемиоцен-нижнеплиоценового нутовского горизонта.....	43
3. ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ	53
3.1. Киринский блок.....	53
3.2. Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки	61
3.3. Зональные тенденции.....	73
4. АКТУАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ СТРОЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ МИОЦЕНА И ПЛИОЦЕНА НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ ШЕЛЬФЕ ОСТРОВА САХАЛИН.....	84
4.1. Нижний миоцен (дагинский горизонт)	84
4.2. Верхний миоцен-нижний плиоцен (нутовский горизонт)	98
4.2.1. Поздний миоцен (нижненутовский подгоризонт)	98
4.2.2. Ранний плиоцен (верхненутовский подгоризонт).....	106
4.3. Поздний плиоцен (помырский горизонт)	110
5. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ ШЕЛЬФЕ ОСТРОВА САХАЛИН	114
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	124
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	126
ПЕРЕЧЕНЬ ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА	137

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Сахалин является важнейшим на Дальнем Востоке России поставщиком углеводородного сырья. На шельфе Охотского моря находится 40,94% разведанных шельфовых запасов нефти в РФ, а добыча составила на 1 января 2020 г. 61,6% от всей добычи на шельфе (газа соответственно 13,05 % и 59,74 %) [46].

По данным на 01.01.2020 г., на территории о. Сахалин учтено 63 месторождения углеводородов, они относятся к средним, мелким и очень мелким; из них 15 – газовых, 11 нефтяных, 6 газоконденсатных, 9 нефтегазовых, 13 газонефтяных, 9 нефтегазоконденсатных. На шельфе учтено 18 месторождений углеводородов, большинство из которых являются крупными и средними; из них 3 – нефтяных, 1 газовое, 4 газоконденсатных и 10 нефтегазоконденсатных) [46].

На острове развита нефтегазотранспортная инфраструктура, что повышает экономическую привлекательность нефтегазовых проектов в этом регионе. Интерес недропользователей к шельфу Сахалина подкрепляется значительным объемом выполненных в новейшее время геологоразведочных работ.

В последние годы, на сахалинском шельфе проведен значительный объем буровых и сейсморазведочных работ, что позволило уточнить модели строения и перспективы его отдельных участков. Однако, эти материалы в основном использовались для решения локальных задач, а их потенциал для уточнения зональной модели строения северо-восточного шельфа острова Сахалин почти не был использован. В основном, это связано с тем, что материалы геологоразведочных работ принадлежат разным нефтегазодобывающим компаниям (ПАО «Газпром», ПАО «НК «Роснефть», «Эксон Нефтегаз Лтд», «Сахалин Энерджи Инвестмент Компании Лтд», ООО «ООО "Газпром нефть шельф» и др.) между которыми не налажены механизмы эффективной коммуникации и сотрудничества.

В данной работе были собрана и изучена значительная часть из фонда сейсмических 3D и скважинных данных, отработанных на шельфе северо-восточного Сахалина, а также выполнен анализ актуальных представлений о строении и истории формирования этого района, сформулированных по результатам предшествующих работ. Выполнена сейсмогеологическая увязка материалов и прослежены зональные закономерности структурно-тектонической эволюции и особенности формирования целевых и перспективных комплексов осадочного чехла. На основе анализа и обобщения результатов работ представлена уточненная концепция структурно-тектонической эволюции изучаемого

района; уточнены и составлены палеофациальные схемы целевых и перспективных горизонтов. Сформулированы направления для проведения дальнейших работ для поиска нефти и газа.

Степень разработанности темы

Изучение особенностей геологического строения северного Сахалина и прилегающего шельфа началось в 60х годах прошлого века. Неоценимый вклад в исследования геологического строения и нефтегазоносности этого района внесли ученые и геологи Н.С. Агафонова, С.Н. Алексейчик, Б.А. Бабошина, В.Ш. Брутман, А.С. Владимиров, Ю.Б. Гладенков, Г.Н. Гогоненков, А.В. Журавлев, Ю.А. Тронов, В.Э. Коблов, Э.Б. Коблов, В.С. Ковальчук, В.Э. Кононов, Ю.В. Лопатнев, Ю.С. Мавринский, Л.С. Маргулис, Г.С. Мишаков, Г.Н. Новиков, В.О. Савицкий, Б.А. Сальников, Д.Ф. Семенов, Ю.Г. Слуднев, А.Н. Телегин, А.А. Терещенков, И.К. Туезов, В.В. Харахинов, О.О. Шеремет и др.

В начале 21 века изучением тектонического строения и зональных особенностей строения целевых и перспективных комплексов на Сахалинском шельфе занимались Г.Н. Гогоненков, Л.С. Маргулис, Б.А. Сальников, В.А. Игнатова, В.С. Шеин, В.В. Харахинов и др. В 2007 году Игнатова В.А. и Шеин В.С. [69], а в 2010 году Харахинов В.В. [60] опубликовали монографии, обобщившие результаты более чем тридцатилетних изысканий на Сахалине и прилегающем шельфе. Эти труды и сейчас востребованы у геологов, занимающихся изучением этого региона.

Последующий период характеризуется преобладанием публикаций, отражающих результаты исследований на локальных участках шельфа. В этот период можно отметить, вклад Д.А. Астафьева, Р.Н. Гайнаншина, Е.В. Грецкой, Т.А. Жемчуговой, Е.А. Жуковской, В.А. Игнатовой, Г.Л. Кирилловой, Э.Г. Коблова, В.А. Космынина, М.В. Сначева, Н.А. Ткачевой, А.В. Харахинова, В.В. Харахинова, В.С. Шеина и др. в изучении фациальных особенностей изучаемого района и его нефтегазоносности. Совершенствованием тектонической модели Охотоморского региона посвящены работы А.Н. Атакова, Л. И. Гонтовой, В.М. Гранника, А.Ю. Жуковина, Е.Г. Иволги, А.П. Каленича, В.Б. Каплун, С.Н. Кашубина, Г.Л. Кирилловой, Ю.Ф. Манилова, В.М. Никифорова, Г.А. Павленкова, Н.И. Павленкова, Т.С. Сакулиной, А.И. Тимурзиева, Н.М. Тихоновой, В.В. Харахинова, Г.Н. Шкабарня, и др.

Цель работы

Уточнение модели структурно-тектонической эволюции площади и особенностей формирования целевых и перспективных горизонтов миоцен-плиоценового осадочного чехла с целью уточнения перспектив нефтегазоносности и определения основных направлений дальнейших геологоразведочных работ на северо-восточном шельфе острова Сахалин.

Основные задачи исследования

1. Выполнение принципиальной сейсмогеологической увязки данных на северо-восточной части Сахалинского шельфа на основе совместного анализа сейсмических и скважинных данных.
2. Детальное изучение особенностей строения Киринского, Аяшского и Восточно-Одоптинского участков на основе анализа карт толщин, динамических атрибутов и данных скважин.
3. Формирование единой модели структурно-тектонической эволюции северо-восточной части Сахалинского шельфа.
4. Построение новых и уточнение действующих палеофациальных карт и схем, иллюстрирующих особенности строения миоцен-плиоценовых продуктивных горизонтов.
5. Определение наиболее перспективных направлений дальнейших геологоразведочных работ, нацеленных на поиски нефти и газа.

Научная новизна

- Установлено существенное влияние сдвиговых дислокаций на геологическое строение северо-восточного шельфа острова Сахалин, обусловившей морфологию горизонтов, формирование тектонического рисунка и миграцию углеводородов;
- Составлены и научно обоснованы актуальные палеофациальные схемы целевых и перспективных отложений миоцена и плиоцена;
- Обоснованы перспективные участки сахалинского шельфа для поиска новых месторождений нефти и газа в отложениях миоцена и плиоцена.

Методы диссертационного исследования

- обобщение и анализ геолого-геофизической информации об изученности, геологическом строении и истории развития северо-восточного шельфа острова Сахалин и прилегающих территорий, и акваторий;
- сбор и комплексный анализ сейсмических и скважинных данных с целью построения принципиальной сеймостратиграфической модели;
- построение карт изохрон поверхности опорных сеймостратиграфических границ на основе результатов интерпретации материалов сейморазведки МОГТ-3D и прослеживание разломов на них;
- анализ морфологии поверхностей опорных границ, изменения временных толщин между ними и разрывных нарушений с целью изучения особенностей структурно-тектонической эволюции площади;

– изучение особенностей формирования целевых горизонтов изучаемого района с целью выявления основных закономерностей их строения и выявления перспективных для формирования резервуаров участков;

– анализ полученных результатов в свете перспектив нефтегазоносности северо-восточного шельфа острова Сахалин.

Практическая значимость

Проведено обобщение площадных сейсморазведочных и скважинных данных. Построена единая сейсмогеологическая модель для всей зоны работ. Составлены схемы увязки целевых пластов дагинского и нутовского горизонтов, что позволило на новом уровне детальности изучить особенности их строения и проанализировать изменчивость фациального состава на северо-восточном шельфе острова Сахалин.

Изучены особенности структурно-тектонической эволюции данного участка акватории, в результате чего была представлена уточненная модель строения этой зоны. Подтверждена важнейшая роль сдвиговой тектоники в этом регионе, оказавшей сильнейшее влияние на формирование тектонического рисунка, морфологию горизонтов, генерацию и миграцию углеводородов. Установлено более широкое, чем считалось ранее, развитие крупных сдвигов. Выдвинута гипотеза о решающем вкладе сдвиговых процессов в формировании современного структурно-тектонического облика северо-восточного шельфа острова Сахалин приуроченного к началу раннемиоценовой фазе тектонической активности.

Установлена связь между неотектоническими сдвиговыми процессами и нарушением целостности покрышек, что может привести к вторичной миграции газа из них и появлению преимущественно нефтенасыщенных залежей. Это позволит прогнозировать участки развития преимущественно нефтенасыщенных залежей и повысить качество анализа при проведении ГРП.

Изучение строения нижнемиоценового дагинского горизонта позволило составить принципиальные фациальные схемы основных седиментационных циклов дагинского горизонта, к которым приурочены продуктивные и перспективные горизонты Дагинского нефтегазоносного района. Результаты диссертационных исследований показали, что широко распространённое представление о проградационной структуре отложений дагинского горизонта в северо-восточной части Сахалинского шельфа, не совсем верно. Установлено, что в позднедагинское время происходит повышение относительного уровня моря, в результате чего регрессия, преобладавшая все дагинское время, сменяется трансгрессией. Из-за чего в верхней части горизонта сформировались аградационный и затем, ретроградационный седиментационные циклиты. Последний имеет локальное развитие и представлен лишь в прибрежной части шельфа (Лунский, Южно-Лунский, Набильский-море

участки). Обоснована необходимость пересмотра действующей (литостратиграфической) индексации целевых пластов дагинского комплекса с учетом новых данных.

Уточнено представление о строении нижненутовского, верхненутовского и помырского горизонтов (верхний миоцен - нижний плиоцен). С учетом современных материалов была скорректирована модель формирования этих горизонтов. Уточнены или составлены палеофациальные схемы их развития. Определена роль Восточно-Одоптинской, Северо-Одоптинской и Шмидтовской структур на осадконакопление в верхнем миоцене и плиоцене. Обе они входят в состав Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны и синхронно развивались на протяжении миоцена и плиоцена, синхронно с активностью Восточно-Сахалинского сдвига. Плиоцен-четвертичный этап тектонической активности спровоцировал интенсивный рост этой группы структур, в результате чего был сформирован крупный эрозионный выступ.

Выделены и обоснованы перспективные для проведения поисковых работ участки северо-восточного шельфа острова Сахалин по каждому их продуктивных и перспективных пластов, что позволяет повысить эффективность дальнейших геологоразведочных работ.

Полученные результаты позволяют снизить неопределённости при проведении дальнейших поисковых работ и оптимизировать разработку залежей известных месторождений, что особенно важно в условиях значительной истощённости многих месторождений изучаемого района.

Защищаемые положения

1. Сдвиговые дислокации оказали существенное влияние на развитие северо-восточной части Сахалинского шельфа, определив его структурно-тектоническую эволюцию, особенности накопления и распределения миоцен-плиоценовых отложений, миграцию УВ.

2. Шмидтовская, Северо-Одоптинская, Восточно-Одоптинская и Баутинская структуры приурочены в Восточно-Сахалинскому сдвигу, что позволило объединить их в Одоптинско-Шмидтовскую приподнятую зону.

3. Установлена важная роль локальных источников сноса обломочного материала (Одоптинско-Шмидтовский, Восточно-Сахалинский) в формировании целевых и перспективных отложений миоцена и плиоцена.

4. Обоснованы перспективные для проведения дальнейших нефтегазописковых работ участки северо-восточного шельфа острова Сахалин, по каждому продуктивному и перспективному горизонту миоцена и плиоцена.

Публикации и апробация работы

Основные положения диссертации опубликованы в 2 печатных работах, в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России. Основные положения диссертационной работы докладывались на конференциях:

17-я научно-практическая конференция по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа «Геомодель 2015» 7–10 сентября 2015 года (г. Геленджик);

4-я международная научно-практическая конференция «ГеоБайкал 2016» 22 - 26 августа 2016 года (г. Иркутск);

VII Международная конференция «Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток» (ROOGD-2018) 27–28 ноября 2018 года (пос. Развилка);

5-й научно-практический семинар «Углеводородный потенциал Дальнего Востока 2019» 1 – 3 октября 2019 года (г. Южно-Сахалинск);

2-я международная конференция «ПроГРРесс'21. Геологоразведка как бизнес» 1-3 ноября 2021 года (г. Сочи).

Апробация результатов отдельных исследований проводилась на секциях НТС ООО «Газпром геологоразведка» и ПАО «Газпром».

Личный вклад автора

В 2014–2020 годах автор принимал непосредственное участие в работах по обработке и комплексной сейсмогеологической интерпретации данных на участках шельфа острова Сахалин. Результатом этих работ стало уточнение моделей строения следующих месторождений и перспективных участков: Лунское, Южно-Лунское, Кириновское, Южно-Кириновское, Набильское, Северо-Вениновское, Монги-море, Одопту-море (северный купол), Аяшское, Баутинское. По результатам рекомендаций, выданных в рамках этих работ открыты Южно-Лунское, Нептун (Аяшское), Тритон (Баутинское). Диссертация базируется на результатах исследований, выполненных автором лично или под его непосредственным руководством.

В рамках диссертационной работы также была выполнена корреляция ряда недостающих для анализа сейсмических отражающих горизонтов и построены карты по ним. Проведена сшивка и увязка карт изохрон разных лет для построения зональных карт. Выполнен расчет динамических атрибутов.

Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю кандидату геолого-минералогических наук А.В. Толстикову за конструктивную помощь на протяжении всего периода работы.

За оказанную помощь при работе над диссертацией, ценные советы и консультации автор выражает благодарность к.г.-м.н. В.Н. Хоштарии, к.г.-м.н. А.С. Смирнову, д.г.-м.н. Н.Н. Соловьеву, д.г.-м.н. В.В. Харахинову, д.г.-м.н. Л.С. Маргулису, к.г.-м.н. Я.И. Штейну,

к.ф.-м.н. И.В. Яковлеву, Д.К. Медведеву, Ф.Ф. Зелезняк, Е.С. Смирновой, В.М. Тугушеву, А.В. Реентович, А.Ф. Валеевой, О.А. Корниловой, а также своим коллегам из ООО «ПетроТрейс», ООО «Газпром геологоразведка» и ООО «Газпром ВНИИГАЗ».

1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ШЕЛЬФА ОСТРОВА САХАЛИН

В рамках диссертационного исследования изучается вся площадь Восточно-Одоптинского, Аяшского и Киринского блоков проекта Сахалин-3, включая расположенные в их границах участки Одопту-море, Пильтун-Астохского, Чайвинского, Аркутун-Дагинского, Киринского, Лунского, Южно-Киринского и других месторождений (рис. 1). Следует отметить малый объем доступных для анализа данных на Венинском блоке, что существенно ограничило возможности зонального анализа и повлияло на методику выполненных исследований.

1.1. Краткий обзор изученности территории

История нефтегазогеологических исследований Сахалинского региона разделена В.В. Харахиновым [60] на шесть этапов, охватывающих период с 1889 по 2007 год. Первые три из них были посвящены изучению территории Сахалина. Исследование присахалинского шельфа началось с четвертого этапа.

Четвертый этап (1961-1975 гг.) – в этот период нефтегазопоисковые работы проводятся по большей части территории Сахалина и началом проведения геологоразведочных исследований на присахалинском шельфе. Проводятся углубленные научно-исследовательские нефтегазогеологические исследования, что позволило в значительной степени уточнить существовавшие ранее представления о геологии и нефтегазоносности Сахалинского региона. Существенно возрастают объемы эксплуатационного, разведочного, поискового, в т.ч. параметрического бурения. Особый вклад в интенсификацию темпов и расширение фронта геологоразведочных работ на Северном Сахалине внесли: главный геолог объединения «Сахалиннефть» О.О. Шермет и ученые СО ВНИГРИ С.Н. Алексейчик, Г.С. Мишаков, В.С. Ковальчук, А.С. Владимиров и др.

Существенно возрастает информативность геофизических методов поиска, в результате чего они, наравне с буровыми работами стали ведущими в нефтегазопоисковых исследованиях региона. Важным результатом геологоразведочных работ стало составление в 1961-1966 гг., листов гравиметрической карты масштаба 1:200 000 по Сахалину и прилегающему шельфу, что позволило провести геологическую интерпретацию гравиданных (Н.С. Агафонова, В.Э. Коблов, А.В. Журавлев). Эти материалы стали основой для изучения глубинной структуры острова и шельфа.

В эти же годы совершенствуется информативность сейсморазведки МОВ, благодаря чему, этот метод получает широкое распространение при подготовке структур под поисковое бурение. С 1967 года на Северном Сахалине начинает внедряться более совершенный метод ОГТ (А.Н. Телегин, Ю.В. Лопатнев, Ю.Г. Слуднев) благодаря чему, была значительно повышена информативность сейсмических материалов [49]. Сейсморазведочные исследования в варианте 2D активно проводились по всему региону, включая шельфовые районы. Совместный анализ этих данных в комплексе с материалами гравиметрических (А.А. Терещенков, В.А. Липский), магнитометрических и электроразведочных (МТЗ – И.М. Альперович, В.М. Никифоров) работ, позволил детально изучить особенности строения осадочного чехла и литосферы, в том числе, нефтегазоносных и перспективно-нефтегазоносных толщ [5]. Что позволило сформировать региональные и зональные геолого-геофизические модели их строения [6, 7, 8, 9, 27, 28, 30].

Совершенствование методов поиска и накопление новых данных, особенно параметрического и глубинного поисково-разведочного бурения потребовало совершенствования стратиграфических схем нефтегазоносных и перспективных толщ. Итогом этих работ стало составление новых стратиграфических схем, составленных Б.А. Сальниковым, Г.С. Мишаковым и их коллегами [43]. Они были одобрены на Камчатском стратиграфическом совещании 1974 года и, в дальнейшем, утверждены Межведомственным стратиграфическим комитетом.

Необходимость интенсификации изучения шельфа привело к созданию в 1972 году Дальневосточной морской нефтегазоразведочной экспедиции нацеленной на проведение буровых работ в акватории Сахалина, а также Тихоокеанской морской геолого-геофизической экспедиции (ОАО «Дальморнефтегеофизика») ставшей центром геолого-геофизических исследований на сахалинском шельфе.

Технологический и технический уровень морских геофизических работ в это время, не позволил обеспечить высокое качество исследований. Несмотря на это, к середине 70-х годов удалось выполнить значительный объем сейсмических и гравимагнитометрических исследований юго-западного, северного и северо-восточного участков шельфа. Полученные материалы позволили высоко оценить перспективы нефтегазоносности северо-восточного шельфа острова Сахалин [15] и подтвердить выводы специалистов СО ВНИГРИ сделанные в начале 60-х годов (С.Н. Алексейчик, 1966 г., В.Ш. Брутман, Г.Н. Новиков, 1968 г.) о стратегическом значении этого района в расширении ресурсной углеводородной базы в Дальневосточном регионе.

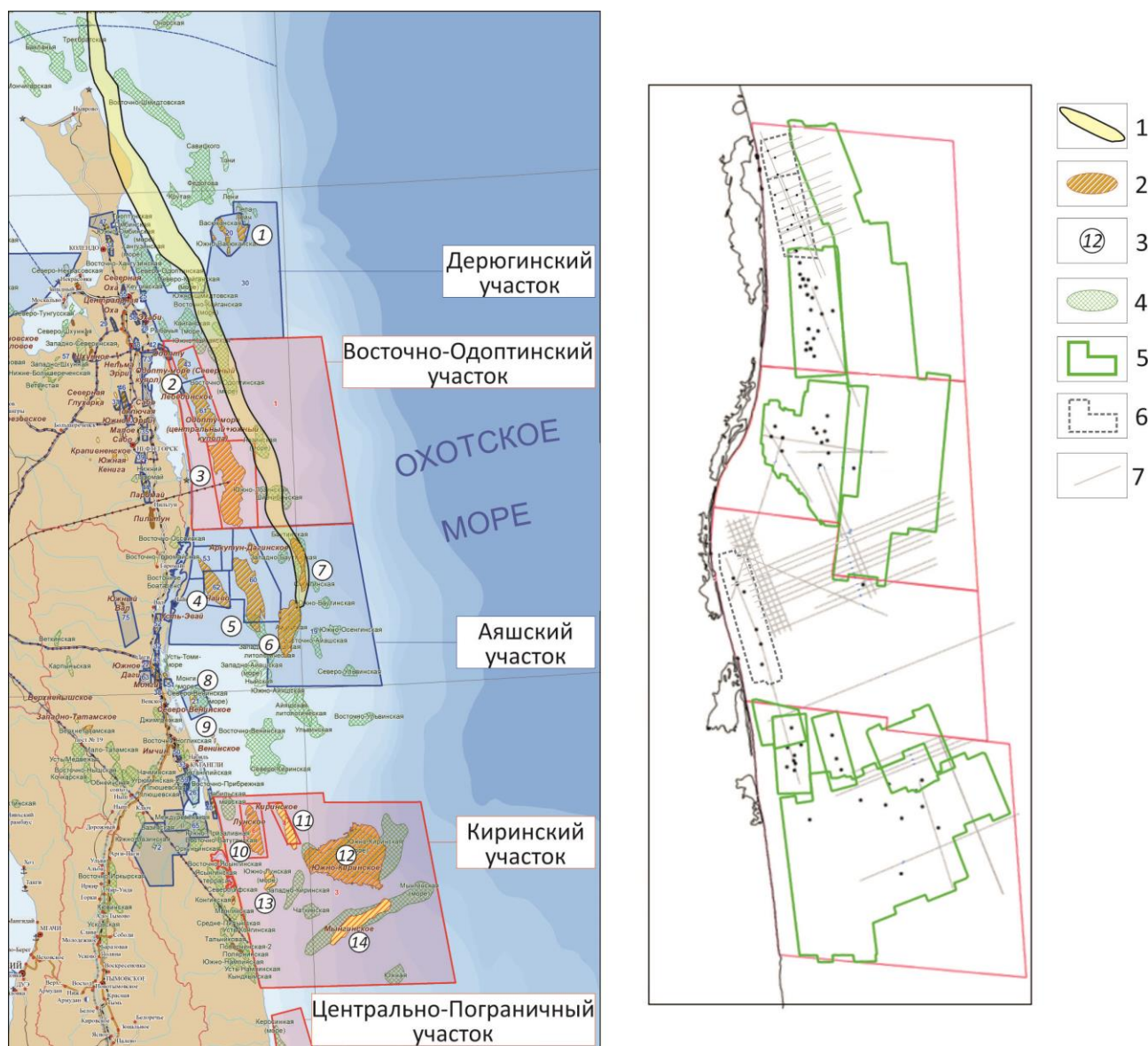


Рис. 1. Обзорная схема изучаемого района (по материалам ВНИГНИ, 2019 г)

1 – предполагаемые границы Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны; **2** – месторождения УВ; **3** – названия месторождений (1 – Пела-Лейч, Удачное, Васюканское; 2 – Одопту-море; 3 – Пильтун-Астох; 4 – Чайво; 5 – Аркутун-Даги; 6 – Нептун; 7 – Тритон; 8 – Северо-Венинское; 9 – Венинское; 10 – Лунское; 11 – Киринское; 12 – Южно-Киринское; 13 – Южно-Лунское; 14 – Мынгинское); **4** – перспективные структуры; **5** – сейсмические съемки 3D; **6** – границы сейсмических съемок 3D недоступных для анализа; **7** – сейсмические профили 2D

Последующие изыскания показали, что углеводородный потенциал этого участка шельфа в несколько раз превышает перспективы острова (С.Н. Алексейчик, Ю.А. Тронов, 1974 г., Э.Б. Коблов, Ю.С. Мавринский, В.С. Ковальчук, В.Ш. Брутман, 1975 г.). Серия проведенных в то время и позже, в 70-е годы, работ [1, 2, 3, 4, 24, 54] обосновала высокие перспективы Одоптинской и Ныйской нефтегазоносных зон. Их освоение стало первоочередной задачей. Важной вехой в истории изучения сахалинского шельфа стало бурение наклонных скважин с Одоптинской косы в сторону шельфа. Стоит отметить скважину № 26 (1971 г.) которая пробурена с отклонением от вертикали в 650 м и скважину Одоптинская морская №1 (1972 г.), отклонение которой достигла рекордных для того времени 2453 м. Обе они дали промышленные притоки нефти.

Пятый этап (1976-1990 гг.) – характеризуется продолжением активного исследования сахалинского шельфа. В эти годы было отработано 350 тыс. пог. км сейсмических профилей и пробурено 55 поисково-разведочных скважин. Результатом проведенных работ стало открытие серии морских месторождений на северо-восточном шельфе: крупные нефтегазоконденсатные Одоптинское (1977 г.), Чайвинское (1979 г.), Лунское (1984 г.), Пильтун-Астохское (1986 г.), Аркутун-Дагинское (1983 г.) и мелкое газовое - Венинское (1985 г.). Эти месторождения сформировали основу ресурсной базы Сахалинского региона.

В островной части региона продолжают нефтегазопоисковые работы в пределах Байкальской депрессии и юго-восточного района Северного Сахалина [55]. В эти годы вблизи восточного побережья открыты Усть-Томинское, Усть-Эвайское, Нижне-Дагинское, им. Р.С. Мирзоева, Полярнинское и ряд других месторождений УВ. Продолжалось параметрическое бурение на Пойменной, Средне-Лангрыйской, Ныйденской площадях Северного Сахалина. За счет внедрения новых технологий резко повысилась информативность геофизических, особенно сейсморазведочных работ. Проводятся исследования по изучению глубинной структуры острова, в рамках которых проводятся работы по магнитотеллурическому зондированию и детальная аэромагнитная съемка. С середины 80-х годов на острове интенсивно развивается сейсмостратиграфическое направление нефтегазовой геологии и геофизики. В.Э. Кононов, Ю.В. Лопатнев, Ю.Г.Слуднев, В.В. Харахинов активно внедряли его на Северном Сахалине [29, 57, 58].

Результаты проведенных в этот период исследований внесли существенные изменения в представления о геологическом строении и нефтегазоносности острова Сахалин и прилегающего шельфа. Важным результатом данного этапа стало создание структурной основы нефтегазопоисковых исследований, благодаря чему была выявлена значительная часть нефтегазоносных и перспективно-нефтегазоносных структур. Исследования Б.А. Сальникова, Г.С. Мишакова, В.О. Савицкого позволили усовершенствовать стратиграфические схемы кайнозойских отложений в изучаемом регионе [35, 38, 44]. В 1984

году В.В. Харахиновым и А.А. Терещенковым [59] была составлена новая тектоническая карта Сахалинского региона.

Шестой этап (1991-2007 гг.) – знаменуется подготовкой и началом промышленного освоения нефтегазового потенциала присахалинского шельфа. Из-за развала СССР остановилось централизованное финансирование морских геологоразведочных работ, лишь некоторые из них продолжились за счет собственных средств предприятий. Так, в 1991 году усилиями объединения «Сахалинморнефтегаз» было открыто Киринское газоконденсатное месторождение.

С 1992 года изучение сахалинского шельфа выполнялись средствами компаний Дальморнефтегеофизика и Роснефть. Началось масштабное сотрудничество российских и иностранных компаний по освоению месторождений Сахалинского шельфа. Были подписаны соглашения о разделе продукции по проектам «Сахалин-2» (1994 г.), «Сахалин-1» (1995 г.), «Сахалин-3» и «Сахалин-5» (1998 г.).

С 1998 года, компания СМНГ начала разработку северного купола Одоптинского морского месторождения. К 2007 году, было пробурено 18 наклонно-направленных скважин, пробуренными с берега с отклонением от вертикали 4800-6000 м [14]. Этот способ разработки показал свою высокую эффективность в сравнении с использованием дорогостоящих морских платформ. Поэтому, такой-же способ был выбран оператором проекта «Сахалин-1» - компанией Exxon Mobil для начала разработки крупной нефтяной залежи Чайвинского месторождения. Для этих целей был создан мощный береговой буровой комплекс «Ястреб», способный обеспечить бурение наклонно-направленных скважин, пробуренных с берега с отходом от вертикали в 11 км.

В 1999 году в рамках проекта «Сахалин-2» со стационарной платформы «Моликпак» начата добыча нефти на Пильтун-Астохском месторождении.

В 2000 году за счет средств «Роснефти» была пробурена скважина на Астрахановской структуре (Сахалинский залив).

В 2004-2005 годах были открыты залежи нефтегазоконденсатного месторождения Удачная-Васюканская-Пела Лейч на Кайганско-Васюканском участке (проект «Сахалин-5»).

В 2006-2007 годах бурение на структурах Савцкого, Медведь, Тойская (проект «Сахалин-5») и Южно-Аяшская (проект «Сахалин-3») не обнаружило коллекторов в перспективных комплексах.

В 2007 году на Лунском месторождении, на расстоянии 15 км от берега была установлена морская платформа «Лунская-А».

В рамках данного этапа проведены сейсморазведочные работы в варианте 3D на площади более 10 тыс. км², в варианте 2D объемом 9 тыс. пог. км, пробурены 1 поисковая и

15 разведочных скважин. Новая геолого-геофизическая информация позволила значительно дополнить и уточнить представления о геологии и нефтегазоносности изучаемого региона.

Обобщение данных крупномасштабных геологических съемок на Южном Сахалине, материалов съемок, бурения и сейсморазведки на Северном Сахалине, позволило составить геологическую карту Сахалина (масштаб 1:500 000). Эта работы была выполнена Д.Ф. Семеновым, Б.А. Сальниковым, В.В. Харахиновым в 1994 году. Кроме того, получение новых данных позволило уточнить стратиграфические [18, 45] тектонические [48, 59] и нефтегазогеологические [10, 26] схемы и карты региона. В 2002 году Ю.Б. Гладенковым с коллегами была опубликована монографическая сводка по стратиграфии кайнозойских толщ Сахалина [17]. В 1996-1998 годах В.В. Харахиновым, И.К. Туезовым, А.А. Терещенковым, Б.А. Бабозиной изучено строение литосферы и тектоники Охотоморского региона [61]. Существенный вклад в понимание строения региона внесли Т.В. Меркулова и Г.Л. Кириллова [34, 50, 51].

Седьмой этап (2007-2020 гг.) – большой объем поисковых и разведочных работ проводится по всей акватории северо-восточного шельфа острова Сахалин. Ниже представлены основные работы, выполненные в этот период в пределах Киринского, Аяшского и Восточно-Одоптинского блоков проекта «Сахалин-3».

В 2008 г. в ОАО «Дальморнефтегеофизика» выполнена переобработка и переинтерпретация 2D сейсморазведочных данных прошлых лет с целью уточнения строения Киринского месторождения, а также оценки перспектив Южно-Киринского и Мынгинского участков. Общий объем сейсмических данных изученных по всему указанному району, составил порядка 6 000 пог. км [86].

С 2009 года для изучения Киринского блока активно используется 3D сейсморазведка. Первые площадные съемки здесь были отработаны на Киринском ГКМ и Южно-Киринском перспективном объекте. Киринская съемка общей площадью 155 км² покрыла весь участок месторождения. По результатам выполненной ОАО «Дальморнефтегеофизика» обработки и интерпретации, удалось существенно детализировать структурно-тектоническую модель данного месторождения. Южно-Киринская съемка общей площадью 620 км² была выполнена силами ОАО «Севморнефтегеофизика». Камеральные работы проводились ОАО «ЦГЭ» и завершились в 2010 году [79]. Несмотря на значительную площадь исследований, по результатам работ стало очевидно, что месторождение покрыто 3D сейсморазведкой не полностью. В 2010 году была пробурена поисковая скважина 1 Южно-Киринская, открывшая одноименное месторождение и уточнившая его модель [80]. Запасы (категории С1+С2) Южно-Киринского нефтегазоконденсатного месторождения были оценены в — 260 млрд куб. м газа, 30 млн тонн газового конденсата (извлекаемые), что сделало его крупнейшим на Сахалине [99]. По причине экономических санкций, затруднивших доступ к

оборудованию, необходимому для строительства подводного добычного комплекса, ввод месторождения в промышленную эксплуатацию был отложен на 2024 год.

В июле-августе 2010 г. силами ОАО «Севморнефтегеофизика» на Мынгинском участке акватории Охотского моря были проведены морские сейсморазведочные работы МОВ ОГТ 3D. Исследования были выполнены с целью изучения Мынгинской структурно-тектонической ловушки, закартированной по кровле дагинского комплекса по данным сейсмических исследований 2D. Работы проводились на НИС «Pacific Explorer», общий объем работ составил 600 км². Цифровая обработка сейсмических данных 3D была выполнена на вычислительном центре ОАО ЦГЭ. Комплексная интерпретация данных 3D сейсморазведки и бурения была проведена в ЗАО «СМНГ-ЦЕНТР». В 2011 году было открыто Мынгинское мелкое по запасам газоконденсатное месторождение.

В 2011 году было продолжено изучение Южно-Кириного месторождения. Сейсморазведочными работами МОГТ-3D в объеме 600 км² была покрыта западная часть структуры. Обработка и интерпретация сейсморазведочных материалов также была выполнена силами ОАО «ЦГЭ» [81]. По результатам работ принято решение о продолжении изучения строения месторождения сейсморазведочными работами.

В 2013 году отработана съемка 3D объемом 2000 км² в западной и юго-западной частях Кириного блока. Обработка и интерпретация была проведена силами ООО «ПетроТрейс Глобал» и включала в себя сшивку и объединенную обработку на уровне сейсмограмм полевых сейсмических данных разных лет в объеме 3975 км² в т.ч.:

2. 620 км² на востоке Южно-Кириной структуры в 2009г;
3. 600 км² на Мынгинской структуре в 2010г;
4. 600 км² на западе Южно-Кириной структуры в 2011г;
5. 2000 км² в западной и юго-западной частях Кириного блока в 2013г.

По результатам работ уточнен структурный план по всем целевым и опорным отражающим горизонтам. Проведен прогноз флюидонасыщения и коэффициента пористости. Рассчитаны прогнозные карты пористости и газонасыщенных толщин целевых пластов DgI и DgII. Представлена модель геологического развития площади работ, описаны обстановки осадконакопления, выполнен прогноз распространения коллекторов. В рамках выполненных работ уточнено строение Южно-Кириного НГКМ и Мынгинского ГКМ, а также выявлено 4 перспективных объекта. Оценен углеводородный потенциал Мынгинского месторождения и перспективных объектов (Западно-Кириный, Северо-Мынгинский, Восточно-Кириный, Южно-Лунский) [84, 93]. В 2016 году открыто Южно-Лунское газоконденсатное месторождение

В том-же году были выполнены сейсморазведочные работы МОГТ-3D площадью 150 км² на участке Набильский-море. По результатам камеральных работ (ООО «ПетроТрейс») был подготовлен к глубокому бурению объект Набильский-море [78, 88].

В 2009 году ПАО «Газпром» были получены лицензии на поиск и разведку залежей углеводородов на Восточно-Одоптинский (ШОМ №14717 НР) и расположенный южнее Аяшский (ШОМ №14716 НР) участки недр. После чего началось их активное изучение современными сейсморазведочными работами МОГТ-3D.

На Восточно-Одоптинском участке были отработаны съёмки МОГТ-3D в 2011 (625 км²) и 2014 (1400 км²) годах. Обработка и комплексная интерпретация сейсмических материалов была выполнена в 2014-2015 гг, и включала в себя: сшивку и объединённую обработку на уровне сейсмограмм полевых сейсмических данных разных лет в объёме 1825 км²; уточнение строения площади по 12 отражающим горизонтам фундамента и осадочного чехла; выполнение динамического анализа. В результате этих исследований была выполнена оценка УВ потенциала площади, а также подготовлены к бурению Восточно-Одоптинская и Лозинская структуры [82, 85, 89, 90].

На сопредельной Аяшской площади сейсморазведочные работы выполнены в объёме 2157 км², из них 625 км² отработано в сезоне 2010 года, 1532 км² в сезоне 2013 года. Камеральные работы выполнены в 2014-2015 гг. и включали аналогичный комплекс исследований. По результатам проведённых работ были подготовлены к бурению Аяшская и Баутинская структуры [91, 92].

В январе 2017 года лицензия на Аяшский участок недр была переоформлена на Газпромнефть-Сахалин (ШОМ 16292 НР). В июле 2017 г. началось бурение скв. 1 глубиной 2700 м на Аяшской перспективной структуре. Оно велось с полупогружной установки (ППБУ) НАКУРЮ-5. В результате было открыто месторождение Нептун, запасы которого по категориям С₁+С₂ достигают 415,8 млн.т. нефти. Продуктивные пласты приурочены к отложениям верхне- и нижненутовского подгоризонта.

В ноябре 2018 года завершено строительство поисково-оценочной скважины на Баутинской перспективной структуре. В результате было открыто месторождение Тритон. Продуктивные пласты здесь также приурочены к нутовским отложениям. По данным открытых источников его углеводородный потенциал составляет 137 млн. тонн н.э.

1.2. Литолого-стратиграфическое описание разреза

Представленная ниже литолого-стратиграфическая характеристика основана на результатах региональных и зональных исследований прошлых лет [87, 93], а также результатах, выполненных в последние годы на шельфе Сахалина геологоразведочных работ

(седьмой этап ГРР). Стратиграфия отложений кайнозойского осадочного чехла северо-восточного шельфа Сахалина приведена в соответствии со стратиграфическими схемами палеогена и неогена Сахалина, рассмотренных в итоговых документах региональных стратиграфических совещаний [18].

Представления о возрасте палеоген-неогеновых отложений базируются на палеонтологических данных. Стратиграфическое расчленение кайнозойского разреза северо-восточного шельфа Сахалина основано на результатах биостратиграфического анализа кернового материала [98], скважинной и сейсмической информации. В основе модели стратиграфического расчленения Северо-Сахалинского разреза лежат результаты исследований Сальникова Б.А., Харахинова В.В., Шаинян С.Х, опубликованных в 2010 и 2020 годах (рис. 2) [60, 62].

В пределах исследуемой территории шельфа острова Сахалин различаются фундамент, представленный мезозойскими (меловыми) образованиями и кайнозойский осадочный чехол. Общая мощность осадочного чехла в прогибах достигает 10-12 км.

Мезозойская эратема – MZ

Фундамент северо-восточного шельфа и прилегающей суши имеет сложное строение. Консолидированное складчатое основание сахалинского шельфа (акустический фундамент) представляет собой аккреционный комплекс тектонически совмещенных блоков (террейнов), большая часть которых датируется мелом-эоценом [56], хотя возможно присутствие среди них и более древних (палеозой – докембрий) фрагментов. По данным Харахинова В.В. [60] в Дагинском НГР отложения чехла несогласно залегают на верхнемеловом фундаменте.

Фундамент сахалинского шельфа, покровно-складчатые сооружения Сахалина и Хоккайдо относится к Хоккайдо-Сахалинской аккреционной системе, разделяющей Охотоморскую и Амурскую плиты [56, 19]. На территории сахалинского шельфа, отложения фундамента рассматриваются как подводное продолжение Восточной мегазоны Сахалино-Хоккайдской складчато-покровной системы. Их состав и структура хорошо изучены по обнажениям в Восточно-Сахалинских горах. В разрезе преобладают флишевые, туфогенно-терригенные и кремнистые отложения, базальты, олистостромы, а также офиолитовые покровы, перемещенные с востока. Офиолиты – фрагменты древней океанической коры. В современной структуре фундамента они образуют тектонические пластины, сложенные основными вулканитами или интрузивными основными и ультраосновными породами, превращенными (в различной степени) во вторичные серпентиниты.

В восточной части Сахалина известны зоны офиолитового меланжа, маркирующие швы тектонического смещения блоков [19, 87]. По магнитометрическим данным прогнозируется продолжение полосы с включениями магнитных пород, предположительно сложенной офиолитами межблокового шва в пределы Киринского участка [36].

Непосредственно на площади изучаемого района складчатый фундамент бурением не вскрыт. Породы фундамента вскрыты на суше параметрическими скважинами: Катангли 700, Чемерни 1, Сев. Баури 2. Нижняя толща представлена преимущественно аргиллитами и алевролитами, верхняя - разномасштабным чередованием песчаников, алевролитов и аргиллитов, с прослоями туффитов. Предполагается, что фундамент в пределах северо-восточного шельфа острова Сахалин сложен метаморфизованными и сильно литифицированными меловыми породами, а именно, в различной степени серпентинизированными дунитами, перидотитами и пироксенитами, тремолит-серпентиновыми и тальк-хлорит-серпентиновыми сланцами.

На временных сейсмических разрезах поверхности фундамента соответствует отражающий горизонт Fa. Он уверенно прослеживается по площади. Глубина залегания фундамента в пределах изучаемого района оценена по данным сейсморазведочных работ и изменяется в широких пределах. Она составляет более чем 8,5 км в районе Чайвинской синклинали и до 0,9 км в своде Восточно-Одоптинского поднятия.

Кайнозойская эратема – KZ

В строении осадочного чехла принимают участие породы палеогена, неогена и четвертичные образования. В разрезе выделено шесть структурно-стратиграфических комплексов, характеризующихся различной степенью дислоцированности и большей частью разделенных поверхностями несогласия:

эоцен-раннеолигоценовый (мачигарский) – $P_3^1 m\check{c}$,

позднеолигоценовый (даехуриинский) – $P_3^2 dh$,

ранне-среднемиоценовый (уйнинско-дагинский) – $N_1^1 un - N_1^{1-2} dg$,

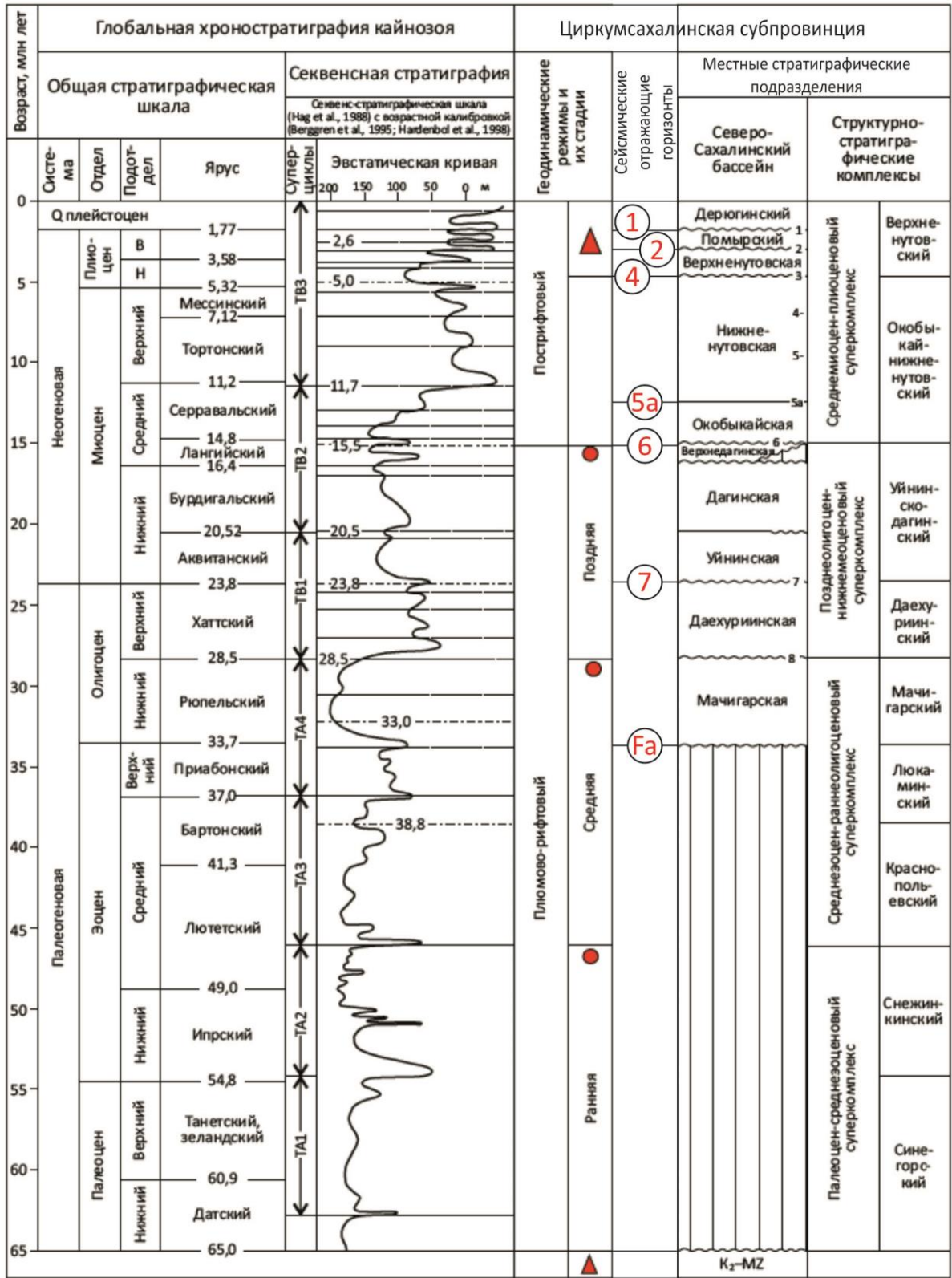
средне-позднемиоценовый (окобыкайско-нижненутовский) – $N_1^{2-3} ok - N_1^3 nt_1$,

плиоценовый (верхненутовский-помырский) – $N_2^1 nt_2 - N_2^2 pm$,

плейстоценовый (дерюгинский) – $Q_1 dr$.

Первые два комплекса сформированы в рифтовую, остальные – в эпирифтовую стадии развития бассейна.

Кайнозойский осадочный чехол, главным образом, сложен неогеновыми отложениями. В основании разреза имеется, не повсеместно распространенный, палеоген. Почти везде на неогеновой толще несогласно залегают четвертичные отложения [64].



1 – этапы тектонической активизации; 2 – фазы тектогенеза; 3 – индексы отражающих сейсмических горизонтов; 4 – уровни максимального затопления

Рис. 2. Фрагмент стратиграфической схемы кайнозойского осадочного мегакомплекса Охотоморского региона (составил Харахинов В.В., 2019; основа: Сальников Б.А., Харахинов В.В., Шаинян С.Х., 1996 [62]; дополнения и исправления по материалам геолого-разведочных работ 2000–2018 гг.)

Палеогеновая система – Р

Палеогеновый комплекс в пределах изучаемой территории выделяется в сокращенном стратиграфическом объеме и представлен олигоценом, который согласно региональной стратиграфической схеме [20], подразделяется на мачигарский и даехуриинский горизонты. Палеогеновые отложения с угловым и стратиграфическим несогласием залегают на эрозионно-тектонической поверхности фундамента. Общая толщина палеогеновых отложений в пределах участка может достигать 3,5 км [12].

Мачигарский горизонт (Р₃¹mc) сложен неравномерным переслаиванием аргиллитов, алевролитов, песчаников и конгломератов, причем доля грубозернистых и грубообломочных пород значительна. Породы сильно литифицированы. Вскрытая мощность мачигарского комплекса на Катанглийской площади составляет около 130 м, на Чемернинской – 550 м, на Северо-Бауринской 110 м, на Усть-Тымской более 800 м. В скв. Даги-море 1 мачигарский комплекс вскрыт в интервале 3040-3068 м и представлен песчано-алевритовыми породами. В пределах Южно-Кириинского месторождения, по сейсмическим данным мощность мачигарских отложений может достигать 200 м.

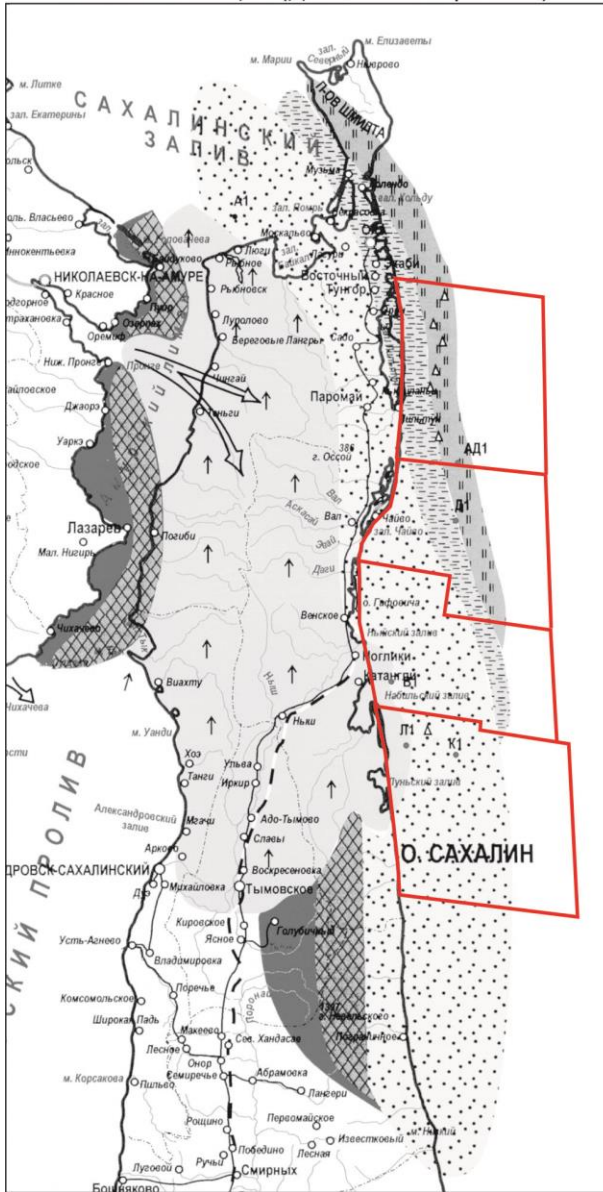
Даехуриинский горизонт (Р₃²dh) отвечает максимуму олигоценовой трансгрессии и распространен на всей площади Северо-Сахалинского осадочного бассейна. Осадки накапливались в открытом морском бассейне. Отложения представлены однообразной монотонной толщей трещиноватых темно-серых почти черных кремнистых аргиллитов и глинистых алевролитов с обломками раковин моллюсков. В скважине Даги-море 1 в отложениях преобладают перекристаллизованные опоки, обломочный материал не превышает 3÷5%. Вскрытая мощность в районе Катангли составляет 197 м, в районе Чемерни 457 м, в районе Даги-море 232 м. Кровле палеогенового комплекса пород соответствует несогласие, обусловленное региональным понижением уровня моря и сменой глубоководной обстановки осадконакопления на обстановку внешнего шельфа.

Неогеновая система – N

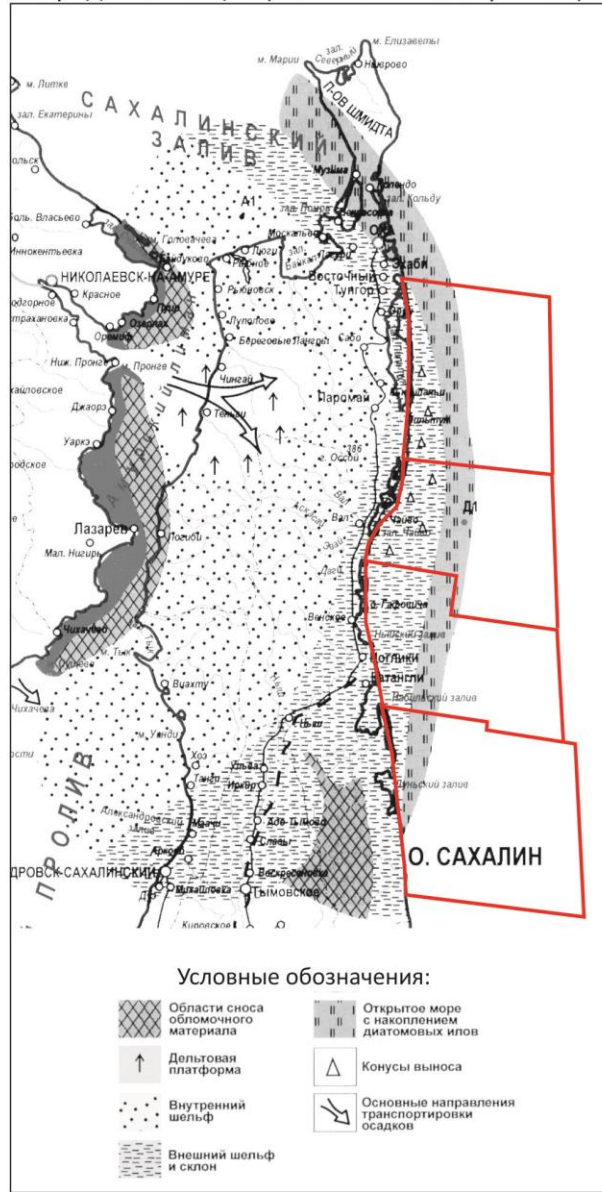
Неогеновая система (N) включает два отдела – миоцен и плиоцен. В составе миоцена выделяются уйнинский, дагинский, окобыкайский и нутовский горизонты. К плиоцену относятся верхняя часть нутовского горизонта и помырский горизонт.

На формирование неогеновых отложений существенное влияние оказало возникновение крупной водной артерии – Палеоамура. Она сформировалась в начале неогенового времени и существенно влияла на осадконакопление на всем его протяжении (рис. 3, 4). Вынос Палеоамуром огромного количества обломочного материала привел к полосовидному распространению однотипных литофаций, резким фациальным замещениям вкрест простирания фациальных зон, и самое главное, к смещению депоцентров в восточном направлении от более древних горизонтов к более молодым.

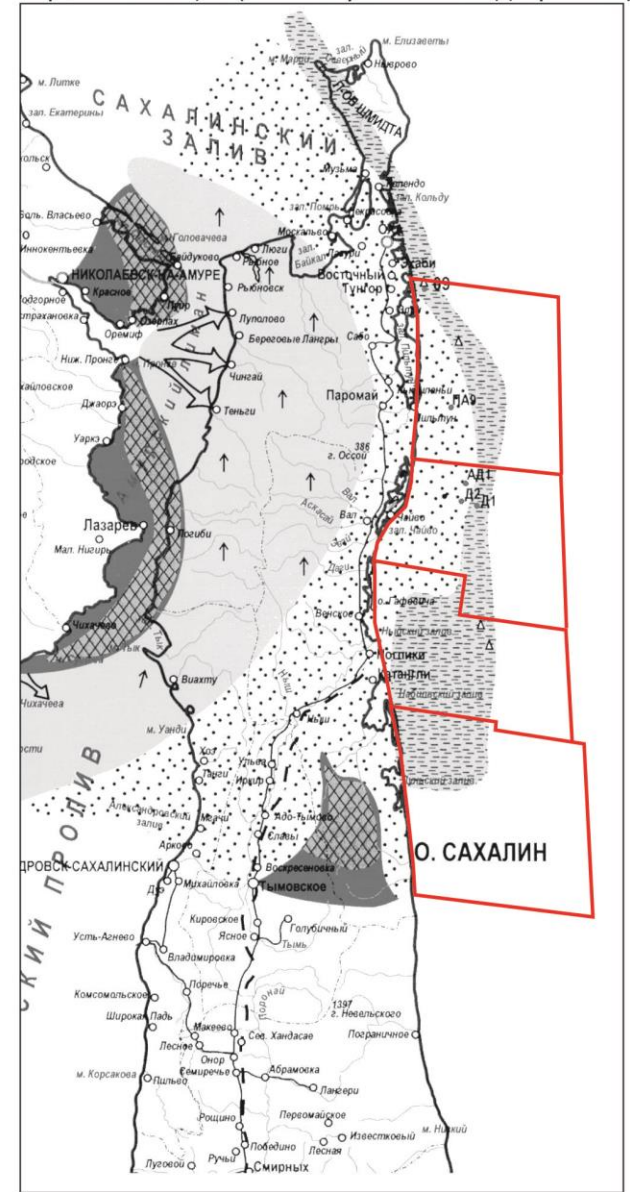
Нижний миоцен (дагинский горизонт)



Средний миоцен (окобыкайский горизонт)



Верхний миоцен (нижнеуттовский подгоризонт)



Условные обозначения:

- Области сноса обломочного материала
- Открытое море с накоплением диатомовых илов
- Дельтовая платформа
- Конусы выноса
- Внутренний шельф
- Основные направления транспортировки осадков
- Внешний шельф и склон

Рис. 4. Обстановки осадконакопления северного Сахалина по Б.А. Сальникову (2004 г.) [60]

Ранне-среднемиоценовый структурно-стратиграфический комплекс сложен породами уйнинского (N_1^1un) и дагинского ($N_1^{1-2}dg$) стратиграфических горизонтов, отвечающих трансгрессивной и регрессивной фазам цикла седиментации.

Уйнинский горизонт (N_1^1un) полностью или частично вскрыт скважинами на прилегающей суше и скважинами Вени-море 1 и Даги-море 1. Он представлен в скважинах суши бескремнистыми аргиллитами и глинистыми алевролитами. На площади Монги в верхней части разреза отмечены маломощные (до 0,5 м) песчаные пропластки. В скважинах Катангли, Вени-море песчаные пласты отсутствуют. На Дагинской площади к горизонту относится нижняя часть пачки слабокремнистых глин, в отдельных прослоях обогащенных глауконитом. Максимальная мощность уйнинского горизонта отмечена в южной части Монгинской площади, где она превышает 800 м.

Дагинский горизонт ($N_1^{1-2}dg$) – формировался под влиянием мощной дельтовой системы, сформированной крупными реками (Палеотумнин, Палеоамур и Палеоамгунь), стекавшими с возвышенностей Азиатского материка (см. рис. 3, 4). Мощность всего уйнинско-дагинского комплекса уменьшается в восточном направлении от 2500-2900 м до 400 -700 м.

В островных разрезах дагинский горизонт сложен преимущественно песками, песчаниками, алевролитами с прослоями глин и аргиллитов. Характерной особенностью в разрезах суши является наличие в средней части горизонта углей.

В восточном направлении, вместе с сокращением мощности, разрез дагинского горизонта становится более мористым, количество углей сокращается. Однако глинизация разреза происходила неравномерно и контролировалась интенсивностью и направлением палеорек. На территории современного северо-восточного шельфа острова Сахалин, разрез сильно отличается.

На севере (Аяшский, Восточно-Одоптинский блоки) изучаемой площади, в районе Дагинской и Аяшской антиклиналей дагинский горизонт представлен алевроито-глинистыми отложениями. В скважине Даги-море 1 встречены только тонкодисперсные разности.

В южной части северо-восточного шельфа острова Сахалин (Киринский блок) доля обломочного материала в разрезе дагинского горизонта существенна. Он подразделяется на три подгоризонта. Нерасчлененные отложения *нижнедагинского и среднедагинского подгоризонтов* ($N_1^{1-2}dg_{1-2}$) представлены переслаиванием песчаников, алевролитов и уплотненных глин. Содержание песчаных пластов в толще увеличивается вверх по разрезу и быстро уменьшается с запада на восток по мере удаления от источников сноса. Нижняя, наиболее глинистая часть отложений изучена на Лунском месторождении (скв. 5), верхняя

— вскрыта бурением на Киринском, Южно-Киринском и Мынгинском (скв. К1, К3, ЮК1 и М1) [70, 47].

Верхнедагинский подгоризонт ($N_1^{1-2}dg_3$) изучен бурением скважинами Киринского, Южно-Киринского и Мынгинского месторождений. Разрез сложен переслаиванием песчаных, алевроито-песчаных и глинистых пластов. Песчаники в составе толщи кварцевые, серые, светло-серые, мелко- и среднезернистые, средне-крепкосцементированные, с прослоями темно-серой аргиллитоподобной глины. Алевролиты кварцевые, светло-серые, серые, песчанистые, крепкосцементированные, глинистые и известковистые. Аргиллиты серые, темно-серые, с включениями гравийно-галечного материала. Толщины отдельных песчаных пластов изменяются от 15 до 90 м [22].

Формирование дагинского комплекса завершилось региональным несогласием, которое отмечает понижение и последующее повышение уровня моря, произошедшее в среднемиоценовое время во всем Охотоморском регионе.

Среднемиоценовый структурно-стратиграфический комплекс представлен окобыкайскими отложениями (N_1^2ok).

В раннеокобыкайское время произошло резкое углубление дна бассейна на 100-150 м, последовавшее за преокобыкайским подъемом и частичным размывом верхних пластов дагинских пород. На исследуемом участке горизонт сложен глинами серыми, темно-серыми, вязкими, пластичными и аргиллитоподобными, уплотненными, слабоалевритистыми (см. рис. 3, 4). В разрезе присутствуют единичные маломощные прослои тонкозернистых глинистых алевролитов и мелкозернистых, глинистых плохо отсортированных песчаников, а также содержатся кремнисто-глинистые разности пород, по-видимому, имеются и диатомиты (опоки). В пределах изучаемого сектора акватории, глинистые породы окобыкайского горизонта являются региональной покрывкой для залежей УВ в дагинских песчаниках.

Общая мощность комплекса испытывает значительные колебания, резко увеличиваясь за счет своей нижней части в прогибах и погруженных блоках. Максимальные значения (до 2500 м) отмечаются в грабен-синклиналях западнее структур Монги-Паромайской антиклинальной зоны.

Верхнемиоценовый ($N_1^3nt_1$) структурно-стратиграфический комплекс формировался на фоне интенсивной проградации дельты Палеоамура на восток. Ее конфигурация и положение определили значительную литологическую изменчивость горизонта в пределах северо-восточного шельфа острова Сахалин. В северной части изучаемого района (Аяшский, Восточно-Одоптинский блоки) нижненутовский подгоризонт представлен терригенно-кластическими отложениями. Отчетливо выражена характерная для

дельтовой системы уменьшение песчаности в восточном направлении и вниз по разрезу (см. рис. 3, 4).

На суше острова горизонт представлен субконтинентальными и литоральными преимущественно песчаными отложениями с маломощными прослоями глинистых алевролитов и бурых углей. На Чайвинском месторождении - это сублиторальные отложения дельтовой платформы с прибрежно-морской фауной и хорошо дифференцированными пластами песчаников, алевролитов и глин. На Аркутун-Дагинской антиклинали – это песчано-глинистые отложения продельты и внутреннего шельфа. В восточной и южной частях исследуемого района это глинистоалевролитовые отложения внешнего шельфа.

На Усть-Томинском месторождении подгоризонт сложен слабоуплотненными песчаниками и песками с редкими и маломощными прослоями глин. Вниз по разрезу объем глинисто-алевролитового материала возрастает и в нижней его части становится преобладающим. В нижней части толщи выделяется характерная пачка из четырех песчаных пластов «N» мощностью по 30-40 м и алевроито-глинистых разделов по 10-30 м прибрежно-морского происхождения.

На Чайвинском месторождении в разрезе подгоризонта выделены 22 песчаных пласта со II-го по XXIII (номенклатура местная) мощностью от первых десятков до 150 м, толщина глинистых разделов от первых единиц до 100 м.

На Аркутун-Дагинском месторождении в изучаемом разрезе выделены более двадцати песчано-алевролитовых пластов с I-го по XXVIII (номенклатура Одоптинская) мощностью от 10 до 60 м, толщина глинистых разделов от 10 до 260 м. Песчаные пласты расслоены глинисто-алевролитовыми пропластками. Их эффективные мощности в 3-10 раз меньше общих толщин.

На Одоптинской площади нижненутовский подгоризонт представлен переслаиванием песчаников толщиной 10–50 м, глин и алевролитов. Здесь выделено более 20 песчаных пластов (с I-го по XXVIII). Наибольшим содержанием песчаных пород характеризуется средняя часть горизонта (с XII по XXIV пласт). Песчаники в кварцевые, слабоуплотненные, неравномерно глинистые переходящие в алевролиты кварцевые тонкозернистые, реже крупнозернистые. Глины пластичные, неравномерно алевролитовые.

Для стратификации разреза нутовского комплекса в пределах северо-восточного шельфа о. Сахалин широко распространены две разные номенклатуры: СМНГ и Эксон-мобил. В рамках проведённых исследований выполнена сейсмогеологическая увязка индексов целевых пластов нутовского горизонта по всем близрасположенным месторождениям. Её результаты изложены в разделе 2.

Плиоценовый структурно-стратиграфический комплекс сложен породами верхненутовского (N_{2nt2}) стратиграфического подгоризонта и помырского (N_{2pm}) горизонта. Нутовские отложения отвечают трансгрессивной фазе цикла седиментации, помырские отложения - регрессивной фазе.

Верхненутовский горизонт (N_1^{1un}) слабо изучен, из-за того, что не рассматривался как целевой объект для поиска УВ до 2018 года. Интервал сложен ритмичным чередованием глин и песчаников (см. рис. 3). Как и в нижненутовских отложениях, здесь выделяется серия седиментационных циклов, которые хорошо прослеживаются по данным ГИС и находят отображение в сейсмическом волновом поле. Завершающая часть каждого из них маркирует пик локальной регрессии и характеризуется повышенной песчаностью.

Разрез верхненутовского горизонта также описан в скважине Киринская 1 (Киринский блок), где представлен ритмичным переслаиванием диатомовых глин, тонкозернистых алевролитов, с подчиненными прослоями песчаников, присутствие которых более характерно для верхней части разреза. Судя по шламу, алевролиты серые, светло-серые, неравномерно глинистые, среднесцементированные, с включениями полимиктового слабосцементированного песчаника (в шламе песок). Глины серые, слабоалевритистые, пластичные, в нижней части черные с бурым оттенком, аргиллитоподобные, с включениями обугленного материала.

Помырский горизонт (N_1^{1un}) охватывает стратиграфический объем среднего – верхнего плиоцена. В пределах Киринского блока сложен чередующимися глинами и песчаниками, формирование которых происходило в шельфовых условиях. Отложения характеризуются отчетливой плоскопараллельной слоистостью. Глины светло-серые, слабоалевритистые с большим количеством гравия, гальки и обломков раковин. Песчаник серый, полимиктовый, крупнозернистый, хорошо окатанный, с преобладанием кварца, в нижней части мелкозернистый, слабосцементированный, алевритистый, участками содержит прослой гравия, галечника и диатомовых глин. В верхней части горизонта преобладают песчаные породы морских и, возможно, субконтинентальных фаций.

Плейстоценовый структурно-стратиграфический комплекс представлен дерюгинским (Q_1dr) стратиграфическим горизонтом. Он развит в основном восточнее района исследований в области внешней зоны шельфа, где его мощность достигает 2000-2500 м. Локально комплекс распространен в крупных прогибах. В мульде Чайвинской синклинальной зоны его мощность достигает 500-600 м. Вещественный состав отложений не изучен. Формирование комплекса произошло за счет эрозии складчатых сооружений острова, выведенных на поверхность в результате инверсии в сахалинскую фазу складчатости.

1.3. Структурно-тектоническая характеристика площади

Участок шельфа, на котором находятся Киринский, Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки, расположен в пределах Северо-Сахалинского прогиба (рис. 5). Он занимает большую часть территории Северного Сахалина, акватории Сахалинского залива и западной части Охотского моря (шельф Северо-Восточного Сахалина).

Прогиб заполнен осадочными отложениями толщиной от 5 до 12 км и протягивается в северо-западном направлении на 500 км при ширине 80-100 км. На обрамляющих и внутренних поднятиях основания синклинория кровля фундамента залегает на глубинах от 1,5 до 5 км.

Современная структура прогиба была сформирована в результате нескольких этапов тектогенеза, два из которых, камчатский (поздний мел-палеоген) и сахалинский (плиоцен-квартер) отмечались высокоамплитудными поднятиями и сопровождались одноименными фазами складчатости. Два других этапа — курильский (ранний миоцен) и алеутский (средний миоцен) характеризуются малоамплитудными поднятиями, не сопровождающимися отчетливо выраженными фазами складчатости.

Структурно-стратиграфические комплексы Северо-Сахалинского прогиба отличаются друг от друга по стилю и уровню дислоцированности. Мачигарский, даехуриинский и уйнинско-дагинский комплексы характеризуются резким преобладанием дизъюнктивных дислокаций и широким развитием складчато-блоковых деформаций. В окобыкайско-нижненутовском и верхненутовско-помырском комплексах в основном развиты складчатые структуры простой формы.

Тектоническое строение осадочной толщи Северо-Сахалинского бассейна обусловлено палеоген-раннемиоценовой рифтогенной деструкцией мезозойского частично консолидированного фундамента, в результате которой сформировались рифтогенные структуры в виде односторонних и двусторонних грабенов и заполнение их грубообломочными отложениями мачигарской свиты. Этап завершился общим региональным погружением, во время которого произошло накопление тонкодисперсных кремнисто-глинистых отложений даехуриинской свиты. В конце неогена в результате активизации тектонических движений в зонах мегасдвигов произошло их преобразование в складчатую область — северное звено Хоккайдо-Сахалинской складчатой системы.

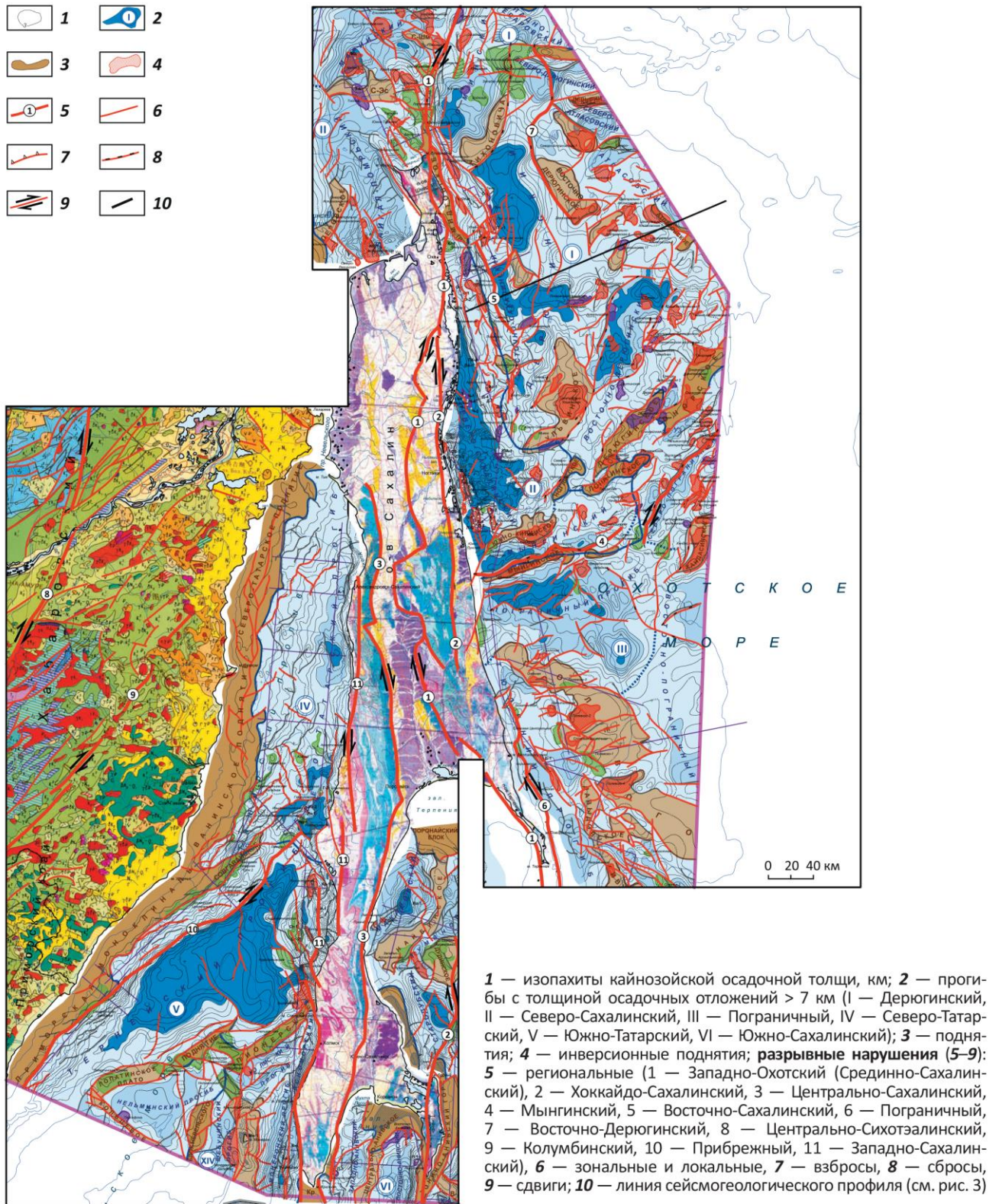


Рис. 5. Тектоническая карта Циркумсахалинской нефтегазоносной субпровинции. Геологическая основа Сихотэ-Алиния — Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий масштаба 1 : 1 500 000 (Красный Л.И., Юньбяо П., 1996), о-ва Сахалин — Геологическая карта о-ва Сахалин масштаба 1 : 500 000 (Семенов Д.Ф., Сальников Б.А., Харахинов В.В., 1994) [62]

В пределах Киринского блока можно выделить три условных цикла тектонического развития. Первый цикл - докайнозойский, когда происходило формирование сложного рельефа фундамента и движение блоков. Второй цикл связан с относительным ростом Южно-Кириной и Мынгинской структур, которые сохранились и продолжали расти вплоть до конца накопления окобыкайских отложений во время общего компенсированного погружения шельфа Сахалина. Третий цикл происходил в новейшее время, с ним связано образование Лунской и Кириной структур. Эти современные тектонические движения в пределах Южно-Кириной и Мынгинской структур сформировали огромное число сдвиговых тектонических нарушений в фундаменте, инициировавших веера кулисных нарушений в кайнозойской толще над Южно-Кириным и Мынгинским поднятиями.

В пределах *Аяшского блока* антиклинальные и горст-антиклинальные зоны представляют собой сложно построенные складчатые сооружения длиной от 50 до 100 – 120 км и шириной 15 – 30 км, разделённые региональными и зональными разломами на ряд автономных по своему строению блоков. Синклинали и синклиналильные зоны относительно просто построены и выполнены осадочными отложениями позднеэоцен (?) раннеолигоцен-четвертичного возраста толщиной до 10 – 12 км.

В районе исследований выделяется три основные системы региональных разрывных деформаций – субмеридионального, северо-западного и северо-восточного направлений. Наиболее активное влияние на формирование структуры осадочного чехла оказали региональные сдвиги, взбросо-сдвиги и сопутствующие им взбросонадвиги в Сахалинскую фазу тектогенеза, в результате чего сформировались все постседиментационные антиклинальные зоны. Протяженность этих разломов составляет сотни километров, а амплитуда горизонтальных перемещений блоков по ним достигает 5 - 10 км. Миоценовые сбросо-сдвиги и сдвиги получили наибольшее развитие в среднемиоценовое время. В результате их деятельности сформировались погребенные конседиментационные антиклинальные зоны. В Сахалинскую фазу складчатости большинство этих нарушений «омолодилось». Для них характерно северо-восточное (до субширотного) простирание.

Восточно-Одоптинский блок, в пределах которой образована одноименная Восточно-Одоптинская антиклиналь, находится на стыке Северо-Сахалинского и Восточно-Сахалинского прогибов, входящих в структуру бассейна и характеризующихся относительно спокойными дислокациями присдвигового и тылового растяжения, и разделённые складчато-сдвиговыми системами.

Северная часть Восточно-Одоптинской антиклинальной зоны сформирована на продолжении южной периклинали Шмидтовского поднятия, являющегося основным

элементом Восточно-Сахалинской зоны скупивания и отличающегося высокой степенью деформированности кайнозойских отложений.

Восточно-Одоптинская антиклинальная зона является структурой III порядка и по генезису относится к типу разрывообразования. Формирование зоны произошло в результате проявления интенсивных деформаций сжатия, вызвавших трансформацию раннекайнозойских разломов во взбросо-сдвиги и взбросы. Преобладающая северо-западная ориентировка зоны обусловлена направлением основных напряжений и структурообразующих разломов. Восточно-Одоптинская антиклинальная зона разрывообразования генетически связана с формированием системы взбросо-надвигов Восточно-Сахалинского разлома в позднем миоцене.

1.4. Нефтегазоносность

Район исследования охватывает (с севера на юг) Восточно-Шмидтовский и Одоптиско-Чайвинский нефтегазоносные районы (НГР), а также Кириновский подрайон Дагинского НГР (рис. 6) Северо-Сахалинского промышленно-нефтегазоносного бассейна. На сегодняшний день, эти участки представляют основной кластер добычи углеводородов на континентальном шельфе Российской Федерации [11, 53, 16, 32, 31]. Согласно актуального Государственного баланса запасов, на начало 2020 года разведанные запасы (A+B₁+C₁) северо-восточного шельфа достигают: 1319,304 млрд.м³ свободного газа; 32,598 млрд.м³ растворенного газа; 308,783 млн.т (геол.) конденсата; 1197,707 млн.т (геол.) нефти (табл. 1).

Основными нефтегазоносными комплексами (НГК) Северо-Восточного Сахалина и примыкающего шельфа являются уйнинско-дагинский (нижний миоцен) и окобыкайско-нижненутовский (средний- верхний миоцен). Значительные перспективы для поиска УВ многие связывают с трещинными коллекторами олигоценового даехуриинского комплекса и отложениями фундамента, а также с отложениями верхненутовско-помырского (плиоцен) комплекса. Последний по результатам бурения скважин Аяшская-1 (Нептун) и Баутинская-1 (Тритон) в 2018 году фактически перешёл в разряд промышленно нефтеносных.

Позднемезозойский потенциально нефтегазоносный комплекс изучен достаточно слабо и сложен метаморфизированными и сильно литифицированными породами. Ловушки связываются с зонами серпентинизации ультраосновных пород и характеризуются массивным типом резервуара с порово-трещинными кавернозно-трещинным типом коллектора. Комплекс потенциально перспективен в северной части Восточно-Одоптинской антиклинальной зоны, где наблюдается сочетание благоприятных условий нефтегазообразования и аккумуляции УВ.

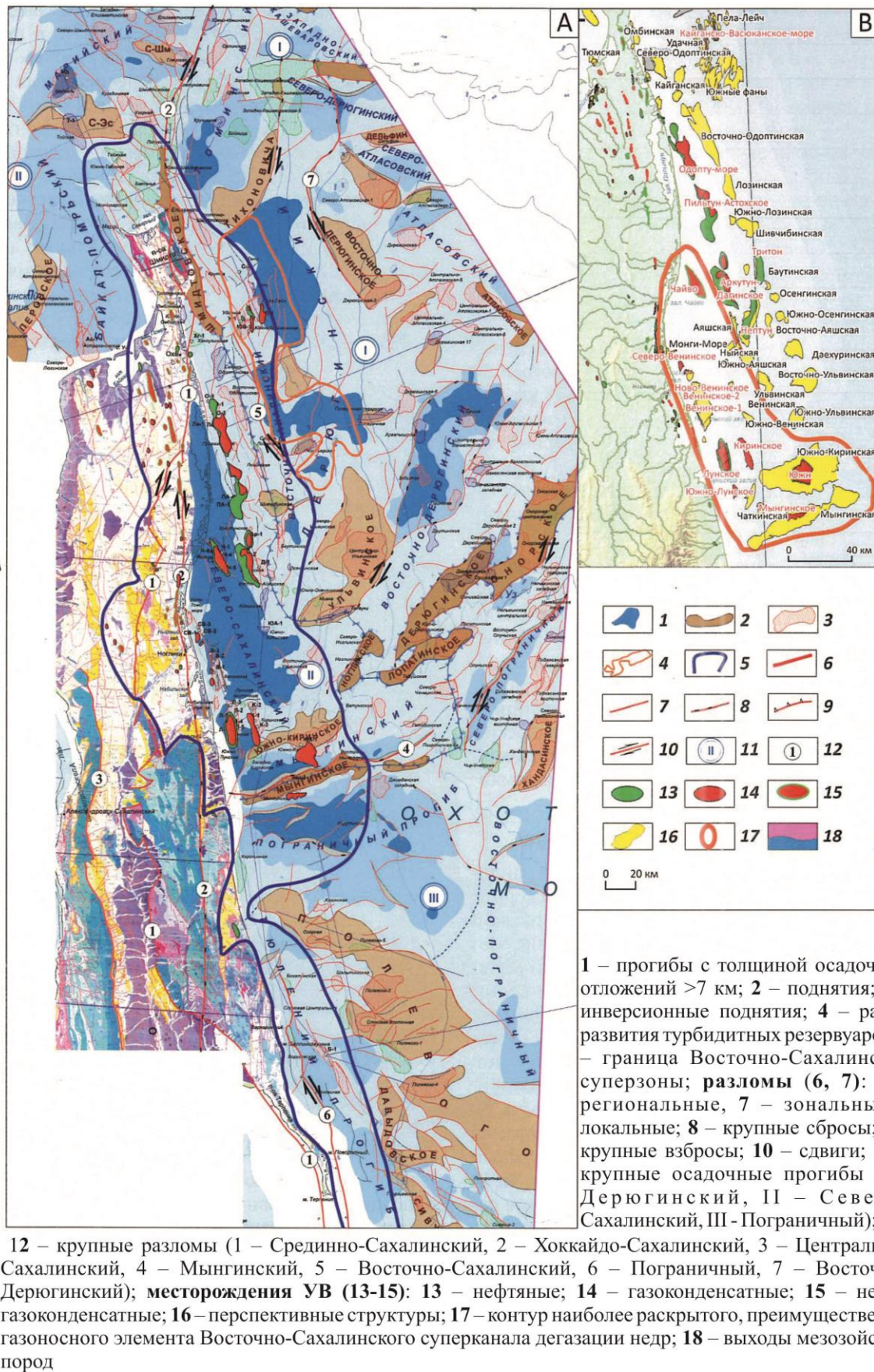


Рис. 6. Карта нефтегазоносности Восточно-Сахалинской нефтегазоносной суперзоны на основе тектонической карты (А) и схема месторождений нефти и газа (В) (Харахинов В.В., 2021 с дополнениями) [58]

Таблица 1
Структура запасов месторождений на шельфе Охотского моря по состоянию на 01.01.2020

№ п/п	Залежь	Газ своб. (извл.), млрд м ³			Газ раств. (извл.), млрд м ³			Конденсат, млн т				Нефть, млн т					
		Q	A+B ₁ +C ₁	B ₂ +C ₂	Q	A+B ₁ +C ₁	B ₂ +C ₂	A+B ₁ +C ₁		B ₂ +C ₂		Q	A+B ₁ +C ₁		B ₂ +C ₂		
								Геол.	Извл.	Геол.	Извл.		Геол.	Извл.	Геол.	Извл.	
1	Южно-Кириновое НГКМ (ПАО "Газпром", ШОМ 16308 НР)	0	584,526	27,213	0	0,602	0,167	0	190,694	93,048	9,02	4,519	0	28,926	2,889	8,235	0,824
2	Южно-Лунское ГКМ (ПАО "Газпром", ШОМ 16308 НР)	0	48,908	0	0	0	0	0	11,108	7,665	0	0	0	0	0	0	0
3	Мынгинское ГКМ (ПАО "Газпром", ШОМ 16308 НР)	0	5,712	14,142	0	0	0	0	1,11	0,726	2,724	1,798	0	0	0	0	0
4	Тритон НМ (ООО "Газпром нефть шельф", ШОМ 16378 НР)	0	0	0	0	0,65	4,273	0	0	0	0	0	0	18,722	5,968	118,954	38,973
5	Нептун НМ (ООО "Газпром нефть шельф", ШОМ 16378 НР)	0	0	0	0	0,171	3,115	0	0	0	0	0	0	21,781	3,688	394,052	66,366
6	Кириновое ГКМ (ПАО "Газпром", ШОМ 16125 НЭ)	3,491	106,812	0	0	0	0	0,545	27,617	13,146	0	0	0	0	0	0	0
7	Пильтун-Астоховское НГКМ (Компания Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд, ШОМ 10409 НР)	6,567	36,091	27,711	7,242	4,751	0,977	0,338	6,563	3,521	4,102	1,632	57,585	254,097	42,806	88,153	8,228
8	Лунское НГКМ (Компания Сахалин Энерджи Инвестмент Компани Лтд, ШОМ 10408 НР)	172,453	223,602	5,161	0,006	0,224	0	16,809	40,841	16,932	1,068	0,514	0,034	33,235	0,353	0	0
9	Восточно-Кайганское НМ (АО "Элвари Нефтегаз", ШОМ 16910 НЭ + ЮСХ 16763 НЭ)	0	0	0	0	0,055	0,104	0	0	0	0	0	0,002	1,166	0,248	2,196	0,471
10	Кайганско-Васюканское-море НГКМ (АО "Элвари Нефтегаз", ШОМ 15996 НЭ)	0	10,992	12,249	0	6,981	13,800	0	0,869	0,695	0,882	0,706	0	39,208	15,450	69,438	24,732
11	Лебединское НГКМ (ООО «РН-Сахалинморнефтегаз», ШОМ 16760 НЭ, Компания Эксон Нефтегаз Лимитед, ШОМ 11051 НЭ, ПАО "Газпром", ШОМ 16131 НР)	0	0,255	0	0,452	0,456	0,002	0	0,028	0,009	0	0	1,458	9,354	2,399	0,159	0,014
12	Одопту-море НГКМ - Северный купол (ООО «РН-Сахалинморнефтегаз», ШОМ 16761 НЭ)	0,383	0,042	0	2,782	1,656	0	0,17	0,001	0	0	0	10,806	28,513	5,921	0	0
13	Восточно-Прибрежное НМ (ООО «РН-Сахалинморнефтегаз», ШОМ 16762 НЭ)	0	0	0	0	0,531	0,159	0	0	0	0	0	0	6,628	1,989	2,009	0,602
14	Чайво НГКМ (ПАО НК "Роснефть", ШОМ 16286 НР)	10,152	7,899	1,426	1,465	0,948	0	0,006	0,897	0,536	0,216	0,121	7,097	29,019	6,725	0	0
	Чайво НГКМ (Компания Эксон Нефтегаз Лимитед, ШОМ 11050 НЭ)	94,751	166,14	25,539	11,803	3,293	0	7,305	20,345	10,979	3,487	2,111	73,427	192,762	25,361	0	0
	Итого по Чайво НГКМ	104,903	174,039	26,965	13,268	4,241	0	7,311	21,242	11,515	3,703	2,232	80,524	221,781	32,086	0	0
15	Одопту-море НГКМ - Центр.+Юж. купола (Компания Эксон Нефтегаз Лимитед, ШОМ 11051 НЭ)	5,928	78,267	23,406	2,150	4,608	0,599	0,158	3,197	2,086	0,705	0,469	22,599	159,690	45,861	23,841	6,073
16	Аркутун-Даги НГКМ (Компания Эксон Нефтегаз Лимитед, ШОМ 11052 НЭ)	1,012	12,638	25,356	2,32	7,625	3,722	0,082	1,264	0,972	2,41	1,886	15,717	372,919	77,515	161,107	35,186
	Аркутун-Даги НГКМ (нераспределенный фонд)	0	0	2,557	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ИТОГО по Аркутун-Даги НГКМ	1,012	12,638	27,913	2,32	7,625	3,722	0,082	1,264	0,972	2,41	1,886	15,717	372,919	77,515	161,107	35,186
17	Северо-Вениновое ГКМ (ООО "Венинефть", ШОМ 15748 НЭ)	0	35,446	0	0	0	0	0	4,2	3,151	0	0	0	0	0	0	0
18	Ново-Вениновое НГКМ (нераспределенный фонд)	0	0,486	0	0	0,047	0	0	0,049	0,038	0	0	0	1,687	0,514	0	0
19	Вениновое ГМ (нераспределенный фонд)	0	1,488	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ИТОГО по северо-восточному шельфу		294,737	1319,304	164,76	28,22	32,598	26,918	25,413	308,783	153,504	24,614	13,756	188,725	1197,707	237,687	868,144	181,469

Даехуриинский НГК представлен глинисто-кремнистыми породами, которые характеризуются повышенной трещиноватостью. В Пограничном районе верхняя часть этого комплекса, сложенная трещиноватыми кремнистыми аргиллитами и силицитами пиленгской свиты, содержит залежь нефти (месторождение Окружное). Пористость изменяется от 1,3 до 18 %, проницаемость – от 0,014 до 0,1 мкм². Залежь – пластовая, заполнена практически «под замок». Её высота около 600 м. Покрышки представлены глинами уйнинского возраста.

В пределах Восточно-Одоптинского участка, судя по данным бурения скв. 1 на Аркутун-Дагинском месторождении, даехуриинские отложения также характеризуются глинисто-кремнистым составом. Люминесцентно-микроскопические анализы образцов пород из скв. 1-Даги-море, свидетельствуют о присутствии в трещинах УВ. При проходке в этой скважине трещиноватых кремнистых пород, соответствующих даехуриинскому горизонту, отмечено повышение газопоказаний.

Уйнинско-дагинский НГК сложен разнофациальными глинисто-песчаными и песчано-глинистыми отложениями при общем преобладании песчано-алевритовых пород. Для нижней части комплекса характерен пластовый тип резервуара с постепенным изменением соотношения между коллекторами и флюидоупорами снизу-вверх от преобладания флюидоупоров до преобладания коллекторов. Верхняя часть комплекса в сочетании с субрегиональной окобыкайской глинистой толщей образует массивно-пластовый резервуар с высоким аккумулярующим потенциалом.

Поровые коллекторы верхней части комплекса связываются с отложениями конусов выноса, склоновыми шлейфами с подошвенным прилеганием (возможными линзами) и с песками приостровных отмелей. Пласты-коллекторы сложены преимущественно песчаниками от мелкозернистых до среднезернистых, и крупнозернистыми алевритами. Толщина песчаных пластов в толще изменяется от первых метров до 50 м. Пористость 12 – 25 %, проницаемость 0,0001-1 мкм².

В пластовых и массивно-пластовых резервуарах с поровым типом коллектора содержатся промышленные залежи углеводородов на месторождениях шельфа: Лунском, Южно-Лунском, Венинском, Киринском, Южно-Киринском, Мынгинском и прилегающей суши – Монги, Мирзоева, Усть-Томи, Усть-Эвайском и других [71].

Южно-Киринское НГКМ – представляет собой пластовую литологически экранированную газоконденсатную залежь с нефтяной оторочкой. Залежь подстилается пластовой водой и осложнена серией тектонических нарушений. Восточная граница залежи контролируется линией литологического замещения песчаных коллекторов, приуроченной к апикальной части Южно-Киринского седиментационного барьера.

Залежь Южно-Кириного месторождения локализована в двух песчаных пластах терригенных отложений верхнедагинской подсвиты дагинской свиты (DgI и DgII). Отложения этих пластов разделены интервалом преимущественно глинистых пород мощностью от 2-3 (на западе площади) до 40м (на востоке площади).

Резервуар Южно-Кириного месторождения «разбит» на блоки серией дизъюнктивных нарушений, широко развитых в пределах объекта. Наличие тектонических блоков обосновывает комплекс исследований, включавших в себя палеотектонический и палеоструктурный анализы, анализ сейсмических атрибутов, а также детальное изучение насыщения, пластового давления и температур по результатам бурения. Наличие тектонических блоков, осложняющих залежи Южно-Кириного месторождения, объясняет разницу флюидных контактов, отмеченную по результатам бурения скважин.

Кириное ГМ – приурочено к одноименной антиклинальной структуре, вытянутой в субмеридиональном направлении. В пределах Кириной антиклинальной структуры выделено три купола: северным, центральным и южным. Каждый купол осложнен поперечными нарушениями. Максимальные дизъюнктивные осложнения имеет южный купол – 5 кулисообразных разломов.

Кириное месторождение состоит из двух массивных газоконденсатных залежей. Первая залежь объединяет пласты I-IV, вторая залежь (пласт V) вскрыта только скважиной № 3 Кириного месторождения. Размеры залежей составляют 20 x 3,4 км и 1 x 1,16 км. Максимальные общие газонасыщенные мощности составляют 195,9 м и 43,6 м соответственно. Обе залежи сформировались как единая массивная залежь.

Южно-Лунское ГМ – представлено единственной залежью, приуроченной к структурной ловушке антиклинального типа с частичным тектоническим экранированием. Залежь объединяет несколько алевролитово-песчаных пластов-коллекторов, разделенных слабопроницаемыми глинисто-алевролитовыми прослоями. Газоконденсатная залежь Южно-Лунского месторождения относится к массивным, тектонически экранированным залежам. Размер залежи в плане составляет 7,9 × 4,1 км, высота залежи 156,2 м.

Окобыкайско-нижненутовский НГК продуктивен в большинстве открытых на шельфе Сахалина месторождений.

Комплекс характеризуется существенными изменениями литофациального состава по разрезу и по латерали. Снизу-вверх и с востока на запад состав комплекса изменяется от морских глинисто-кремнистых отложений до субконтинентальных песчаных угленосных.

Окобыкайские коллекторы развиты в основном на суше и содержат более 45 % запасов нефти и около 48 % запасов газа. Пласты сильно глинистых алевролитов и песчаников отмечаются в верхах окобыкайского горизонта на Одоптинском месторождении.

Нижненутовские коллекторы промышленно продуктивны на шельфе, где в них содержится до 42% газа и до 90% нефти. Залежи УВ в нижненутовских отложениях установлены на месторождениях: Одопту-море, Пильтун-Астохском, Аркутун-Дагинском, Чайвинском, Нептун, Тритон (см. рис. 6).

Одопту-море НГКМ расположено в западной части Восточно-Одоптинского блока. Месторождение приурочено к крупной мегантиклинали, расположенной в северной части одноименной антиклинальной зоны, протягивающейся на шельфе Северного Сахалина в северо-западном направлении более чем на 100 км (Рис. 1.1).

По особенностям геологического строения, литологии, степени литификации, минерализации пластовой воды и характеру насыщения в залежах продуктивный этаж месторождения Одопту-море подразделяется на два подэтажа.

Верхний подэтаж включает пласты с XII по XIX₂ и содержит в основном залежи свободного газа. Нижний – пласты с XXI₁ по XXIV₂, где залежи нефтегазоконденсатные.

Продуктивные пласты приурочены к пластам песчано-алеврито-глинистых пород с преобладанием песчаников. Ловушки характеризуются сложным строением, связанным со значительными изменениями толщин в пределах одного пласта, с замещением в отдельных объектах коллекторов глинистыми непроницаемыми породами, выклиниванием пластов, а также наличием обширной сети разрывных нарушений.

В пределах месторождения Одопту-море выделены 23 залежи углеводородов: девять нефтегазоконденсатных залежей, три нефтяных и 11 газоконденсатных залежей в 13 подсчетных объектах.

Пильтун-Астохское НГКМ также расположено в западной части Восточно-Одоптинского лицензионного блока, но было исключено из состава лицензии т.к. относится к сфере действия консорциума "Сахалин 2".

Месторождение приурочено к крупной мегантиклинали осложненной тремя куполами: Пильтунским, Южно-Пильтунским и Астохским. Продуктивные пласты выявлены в песчано-алевритовых пластах-коллекторах нижненутовского подгоризонта, залегающих на глубинах 1200-2500 м. Мощность продуктивных пластов (XII-XXV) изменяется от 2 до 70,6 м. Флюидоупором служат глинистые покрывки толщиной 2 - 123 м.

На Пильтун-Астохском месторождении установлена результатами бурения и прогнозируется по ГИС продуктивность 12 пластов: XII, XIII-XIV, XVI-XVII, XVIII, XIX₁, XXI₁, XXI₂, XXI₃, XXII, XXIII, XXIV₂, XXV. Значительную роль в размещении залежей по площади играют разрывные нарушения и глинизация пластов-коллекторов. В разрезе нижненутовского подгоризонта открыто или прогнозируется 30 залежей нефти, газа и конденсата.

Аркутун-Дагинское НГКМ – сложнопостроенное многопластовое месторождение. По результатам бурения, в интервале нижненутовского подгоризонта выявлено 12 продуктивных пластов (Одоптинская номенклатура): XIX, XXI₃, XXI₁₋₂, XXII₁₋₂, XXIII, XXIII₁, XXIII₂, XXIV₁₋₂, XXV, XXVI, XXVII и XXVIII, содержащих 15 залежей. Две газоконденсатные (XXVII и XXVIII пласты), три нефтяные (XIX, XXII₁₋₂ и XXVI) и 10 нефтяных с установленными или предполагаемыми газоконденсатными шапками (пласты XXI₁₋₂, XXI₃ и XXIII на Аркутунском и пласты XXI₁₋₂, XXI₃, XXIII, XXIII₁, XXII₂, XXIV₁₋₂, XXV на Дагинском участках). Залежи углеводородов пластовые сводовые, литологически и тектонически экранированные. Наиболее крупные из них по запасам нефти приурочены к пластам XXI₁₋₂ и XXIII, где выявлены газоконденсатно-нефтяные залежи.

Залежи приурочены к песчаными и песчано-алевролитовым пластам-коллекторам, залегающим на глубинах 1680-2800 м. Тип коллектора – поровый. Фильтрационно-ёмкостные свойства коллекторов изменяются в широком диапазоне: пористость – 16-30%, проницаемость – 0,021-0,84 мкм², глинистость – 9-20 %. Общие толщины пластов-коллекторов также колеблются в широких пределах – от 14,2 до 47,7 м. Эффективные толщины достигают максимальной величины 21,2 м (XXI₁₋₂ пласт, скв. 4) на крыле структуры. В присводовой части пласты уменьшаются по мощности и глинизируются.

Чайвинское НГКМ - продуктивность месторождения связана с отложениями нижненутовского и нижней части верхненутовского (газовая залежь пласта II) подкомплексов. Бурением установлено наличие 10 продуктивных пластов, залегающих на глубинах 1150-2920 м. Все они сложены песчано-алевритовыми породами. Тип коллектора – поровый.

Установлено наличие одной газовой (II пласт), одной нефтяной (XIV пласт), двух газоконденсатных с нефтяными оторочками (XVI–XVII₂ пласты) и шести газоконденсатных (в XVII₁, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII пластах) залежей. Их высота изменяется от 100 до 260 м. Общая мощность пластов - от 43 до 109 м. Пористость пород коллектора колеблется в пределах 16-28%. Залежи УВ – пластовые сводовые.

Основными нефтегазоматеринскими породами данного района являются морские глинистые отложения уйнинского и окобыкайского комплексов, а также кремнисто-глинистые отложения даехуриинского комплекса. Эти комплексы широко распространены в пределах Северо-Сахалинского бассейна.

Верхненутовско-помырский НГК продуктивен на месторождениях Пела-Лейч, Удачное, Васюканское, а также недавно открытых Нептун (скв. Аяшская-1) и Тритон (скв. Баутинская-1), расположенных в пределах Аяшского блока.

Нептун НГКМ приурочено к Аяшской структуре. По результатам оперативной интерпретации ГИС, опробований и испытаний в верхненутовских пластах выделено три нефтенасыщенных пласта (VII, VIII, IX), в нижненутовских – 10 нефтенасыщенных пластов (XI, XII, XIII-XIV, XV, XVI-XVII, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII) и серия газонасыщенных пропластков пласта XXVII. По результатам испытаний в колонне продуктивность верхненутовского подкомплекса подтверждена в 3 пластах: VII, VIII, IX. Из всех интервалов получены притоки нефти. Разрез представлен чередованием пропластков песчаных коллекторов на фоне вмещающих глин и аргиллитов с редкими маломощными плотными разностями.

Тритон НМ приурочено к Баутинской структуре. По результатам оперативной интерпретации ГИС компанией Шлюмберже выделены 7 нефтенасыщенных пластов в верхненутовских отложениях: ОГ_2_1, V, VI, VI-2, VII, VIII, IX-X (индексация Шлюмберже). Испытаниями в колонне подтверждена продуктивность в 4 интервалах: ОГ_2_1, V, VI, VIII. Из трех получены притоки безводной легкой нефти, а из одного – нефть с водой. Разрез представлен чередованием пропластков песчаных коллекторов на фоне вмещающих глин и аргиллитов с редкими маломощными плотными разностями.

Выше верхненутовского подкомплекса широко развиты глинисто-песчанистые отложения помырского и дерюгинского горизонтов, в нижней части которого выделяются интервалы глин мощностью от 150 м с редкими прослоями алевритовых разностей.

2. Сейсмогеологический анализ

2.1. Сеймостратиграфическая характеристика

Разрез осадочного чехла исследуемого участка Сахалинского шельфа подразделяется на 5 структурно-стратиграфических комплексов (ССК), каждый из которых связан с важнейшими этапами развития территории. Описание ССК приводится снизу-вверх, что позволяет одновременно рассматривать влияние геодинамических и седиментационных процессов на развитие территории.

Палеогеновый ССК (Р)

Комплекс соответствует отложениям палеогена и представлен двумя толщами с резко отличающимися динамическими характеристиками и внутренним обликом отражений, что позволяет предположить связь динамических характеристик сейсмического волнового поля с фациальным составом. В подошве комплекса прослеживается отражающий горизонт, соответствующий акустическому фундаменту (*ОГ Fa*), что выражается последним по времени регулярным отражением положительной полярности. Отражение отличается хорошей динамической выраженностью на выступах, отвечающим приподнятым блокам фундамента. В погруженных частях затруднительно разделить осадочный чехол от более древних пород, так как нижняя часть комплекса представлена базальной пачкой преимущественно грубообломочных ассоциаций сильно литифицированных пород. Кровля ССК соответствует *ОГ 7* по положительному экстремуму, характеризующийся хорошей динамической выраженностью в волновом поле. Прослеживаемость *ОГ 7* на большей части площади не вызывает затруднений, за исключением района Восточно-Одоптинского поднятия. Мощность палеогенового ССК изменяется от первых десятков метров на выступах фундамента до ~3000 м в погруженных частях.

Как отмечалось выше, в составе блоков фундамента на шельфе высока вероятность присутствия пластин офиолитового меланжа. Аналогичный комплекс известен в восточной части Сахалина. Он представляет собой интенсивно тектонизированными линзовидными телами серпентинизированных ультрабазитов, маркирующими швы тектонического смещения блоков. Считается, что с меланжем могут быть сопоставлены наблюдаемые в фундаменте сейсмические пакеты ярких «сланцеватых» отражений, на основе чего в структуре акустического фундамента выделены многочисленные пологие надвиги позднеолигоцен-раннемиоценового (?) возраста [84, 36].

По поверхности фундамента хорошо видны тектонические нарушения, многие из которых протягиваются через весь осадочный чехол вплоть до дна моря. В верхней части

разреза они часто формируют «цветковую» структуру. Такая картина свидетельствует о неоднократной активизации тектонических движений вплоть до новейшего времени.

Олигоценый (мачигарско-даехуриинский) ССК

Комплекс распространен локально и представлен лишь в пределах погруженных участков фундамента. Формирование олигоценых отложений происходило в условиях быстрого погружения бассейна. К даехуриинскому времени относится этап наибольшего проявления тектонической активности процессов. В конце этапа в результате процессов сжатия формируются складчато-блоковые структуры небольшой интенсивности.

Олигоценый комплекс несогласно залегает на меловых образованиях фундамента и сложен терригенными осадками, которые вверх по разрезу замещаются кремнисто-глинистыми породами. Его мощность на отдельных территориях может превышать 3000 м.

Уйнинско-дагинский ССК

Комплекс сверху ограничен *ОГ 6* - преимущественно высокоинтенсивным отражением положительной полярности. Из-за особенностей строения на северо-восточном шельфе острова данный интервал обладает значительной сейсмогеологической изменчивостью. В южной части изучаемой площади (Кириинский блок), он характеризуется достаточно хорошей выдержанностью отражений, что связано с литологическим составом комплекса в этой части акватории. Чередование глинистых и песчанистых пород создают достаточно хороший акустический контраст на большей части участка. Лишь в его восточной части отмечается резкое снижение прослеживаемости этого отражающего горизонта.

В районе Аяшского и Восточно-Одоптиснского блоков, где интервал Уйнинско-дагинского ССК представлен в основном глинистыми разностями, комплекс подразделяется на два подкомплекса [90]:

Нижний подкомплекс, больший по объему, представлен, в основном, однородным и тонкослоистым разрезом с устойчивым внутренним рисунком в виде протяженных слабо- и средне-амплитудных отражений, и отождествляется с уйнинско-нижнедагинскими отложениями раннемиоценового возраста.

Верхний подкомплекс уйнинско-дагинского ССК накапливался в условиях значительной удаленности от палеоберега, что обеспечило преимущественно глинисто-алевритистый состав подкомплекса. Такие седиментационные режимы не располагают к накоплению существенного объема песчаного материала. По этой причине отражения дагинского комплекса слабо выражены в сейсмическом волновом поле на Аяшском и Восточно-Одоптисском участках, а в центральной и восточной частях сейсмических съемок они перестают прослеживаться.

Мощность этого комплекса в пределах Киринского блока достигает 1500 м. На севере изучаемого района (Аяшский, Восточно-Одоптиснский блоки), мощность осадков уйнинско-дагинского возраста изменяется в широком диапазоне. В районе Чайвинской синклинали она достигает 1300 метров. В пределах приподнятых блоков фундамента, комплекс сокращается до 100-200 метров, выклиниваясь на локальных выступах.

Окобыкайский ССК

Кровля окобыкайского ССК отождествляется с *ОГ 5a*, выраженному положительным экстремумом с высокой энергией амплитуд. В восточном направлении интенсивность отражения снижается, вплоть до прекращения прослеживаемости фазы. Это указывает на преобладание глинистых пород в восточной части изучаемого района и связанному с ним падением акустической контрастности разреза. Мощности окобыкайского ССК изменяются от первых метров на сводах структур до 1500 и более м в прогибах.

Верхнемиоценовый – нижненутовский подкомплекс

Подкомплекс представляет повышенный интерес, так как представлен преимущественно песчаными и алевроитовыми отложениями, с которыми связаны основные залежи северной части изучаемого района. К кровле нижненутовского горизонта приурочен *ОГ 4* (положительный экстремум). Отражение уверенно прослеживается на большей части площади, за исключением восточного крыла Восточно-Одоптиснской структуры. Внутри нижненутовского подкомплекса с различной степенью надежности прослеживаются *ОГ X, XI-U, XIII-U, XIV, XVI, XVII*. Мощность нижненутовского подкомплекса изменяется от 130 м до 1630 м.

Верхненутовский подкомплекс

Подкомплекс представляет высокий интерес, как горизонт, с которыми связаны перспективы обнаружения залежей УВ. Однозначно стратифицировать кровлю верхненутовских отложений по имеющимся данным сложно. Фактически, стратификация *ОГ 2* основана на динамических свойствах сейсмической записи и сейсмостратиграфических характеристиках волнового поля. Отражение характеризуется хорошей динамической выраженностью и уверенно прослеживается по всей площади. Внутри верхненутовского подкомплекса достаточно надежно прослеживаются *ОГ 2-4, 2-3, 2-2, 2-1*, за исключением участков, где горизонты выходят на поверхность. На уровне перечисленных выше горизонтов выделяются аномалии волнового поля, связанные с оползневыми телами, процессами транспорта масс. Мощность верхненутовского подкомплекса изменяется от 640 м до 1670 м.

2.2. Сейсмогеологическая увязка данных

2.2.1. Принципиальная увязка

В рамках данной работы удалось собрать значительный объем сейсмических и скважинных данных. Однако, уже на начальном этапе анализа возникли сложности с анализом результатов, полученных в рамках предшествующих работ. Основная из них связана с тем, что исследования выполнялись в разное время и разными группами специалистов, не имевшими возможность использовать для увязки материалы сопредельных участков и тем более, весь спектр данных имеющихся на северо-восточном Сахалине и прилегающем шельфе. Результатом этого стали существенные разночтения в подходах к расчленению кайнозойского осадочного чехла и выделению целевых пластов.

Для решения этой задачи, по данным сейсморазведки 2D и 3D была построена серия субширотных сейсмических разрезов, принятых таким образом, чтобы они протягивались через хорошо изученные бурением и покрытые площадной сейсморазведкой участки месторождений. Их объединяет субмеридиональный сейсмический разрез, на базе которого была выполнена взаимная увязка сейсмических данных и моделей сеймостратиграфического расчленения кайнозойского осадочного чехла (см. рис. 1).

Наиболее значительные разночтения установлены в определении положения сейсмических горизонтов палеогена и нижнего-среднего миоцена (ОГ 5а, 6, 7) на севере изучаемой площади (Аяшский, Восточно-Одоптинской блоки). Для их уточнения был использован вариант расчленения разреза, принятый на Киринском, Южно-Киринском, Лунском и Южно-Лунском месторождениях, где этот интервал лучше изучен. И напротив, для определения корректного положения горизонтов верхнего миоцена и плиоцена (ОГ 4, 2) на территории Киринского блока, были использованы отбивки, принятые на месторождениях Аркутун-Даги и Чайво. Результаты комплексной сейсмогеологической интерпретации иллюстрируют некоторые из субширотных разрезов (рис. 7) и объединяющий их, субмеридиональный профиль (рис. 8). Полученная по результатам увязки сейсмогеологическая модель позволила рассмотреть особенности строения целевых комплексов по всему северо-восточному шельфу острова Сахалин.

2.2.2. Увязка данных в интервале нижнемиоценового дагинского горизонта

Данный интервал разреза продуктивен на территории Венинского и Киринского блоков Сахалинского шельфа. Доступные для анализа сейсмические и скважинные данные располагаются в пределах Киринского блока. Здесь в разные годы открыто пять газо- и нефтегазоконденсатных месторождений (рис. 9). Каждое из них изучалось как

самостоятельный объект, что затронуло в том числе индексацию продуктивных пластов дагинского горизонта. Вместе с достаточно сильной литолого-фациальной изменчивостью этих отложений, это привело к значительным расхождениям в модели расчленении целевого разреза по площади, и как следствие к погрешностям при исследовании истории развития исследуемого участка шельфа [65].

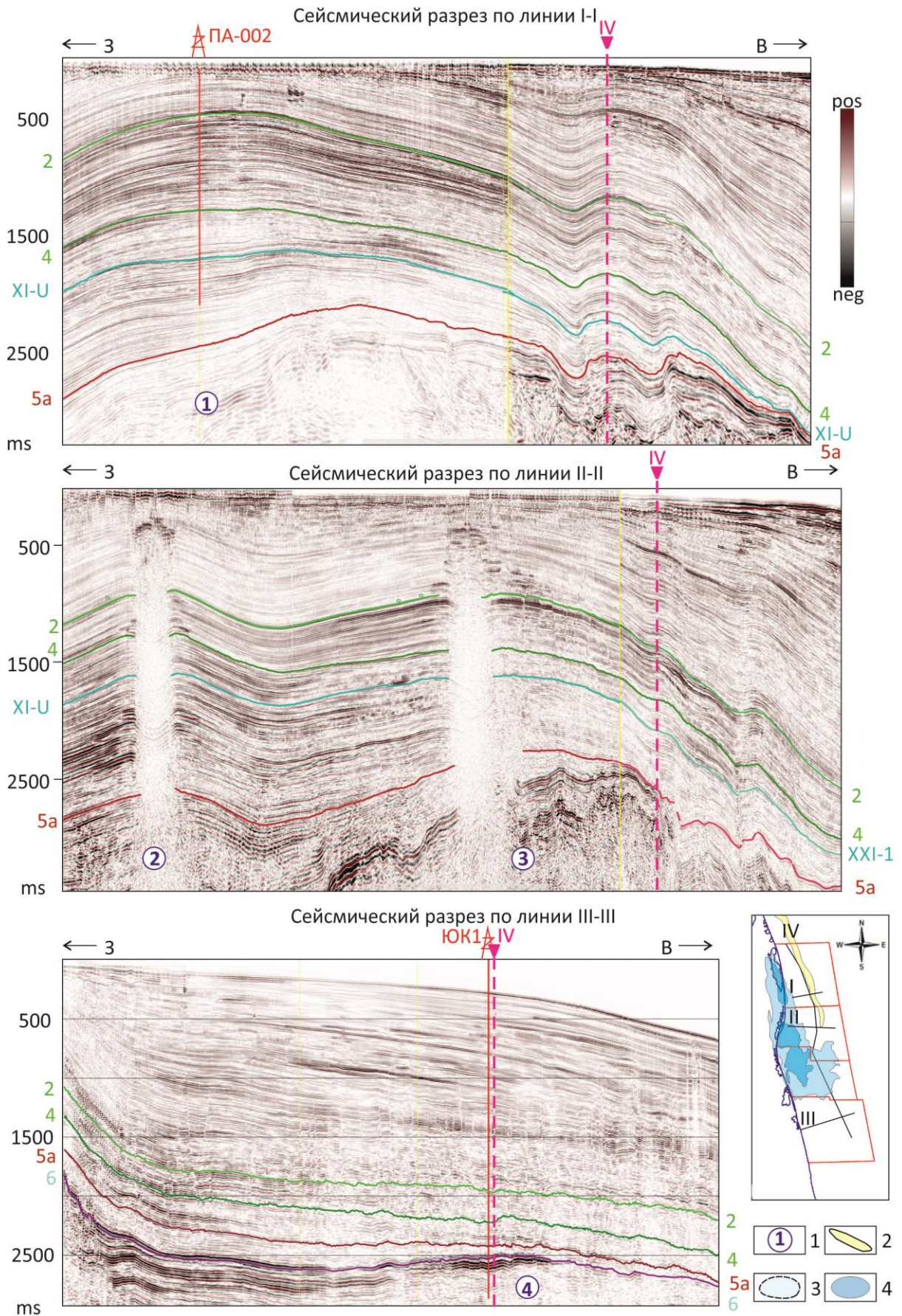
Учитывая это, на начальном этапе была проведена взаимная увязка разрезов пластов дагинского горизонта. Она выполнялась на основе комплексного анализа сейсморазведочных и скважинных данных. По результатам сеймостратиграфической привязки скважин, в целевом (дагинском) интервале разреза был достигнут высокий (0,75-0,85) коэффициент корреляции. Хорошая взаимная увязка между синтетическими и реальными сейсмограммами обеспечила высокую достоверность проводимых исследований.

Совместное изучение данных сейсморазведки и скважин показало, что наиболее выраженные в сейсмическом волновом поле отражения приурочены к поверхностям седиментационных циклов. В их названии использован индекс SB (sequence boundary), как это принято для обозначения таких стратиграфических единиц при выполнении сиквенс-стратиграфического анализа [33, 72, 73, 74, 77]. В интервале средне- позднедагинского разреза выделено 6 таких циклов.

Комплексный анализ позволил надежно проследить границы секвенций по сейсмическим данным. После чего хроностратиграфические границы были прослежены и по скважинам (рис. 10, 11 см. рис. 9). Проведённые изыскания показали несоответствие действующей индексации пластов Лунского и Южно-Лунского месторождений с вариантом расчленения целевой толщи, принятой на Киринском, Южно-Киринском и Мынгинском участках. Наиболее наглядно это иллюстрирует сводная таблица взаимной корреляции пластов дагинского горизонта (табл. 2). Выявленные разночтения объясняются тем, что в западной части изучаемого участка развиты отложения циклита SB0 и увеличены толщины интервала SB1.

2.2.3. Увязка данных в интервале верхнемиоцен-нижнеплиоценового нутовского горизонта

На сегодняшний день, ареал продуктивности нутовского горизонта на северо-восточном шельфе острова Сахалин ограничен Аяшским и Восточно-Одоптинским блоками. В этой зоне открыты 9 месторождений. Четыре из них (Одопту-море, Пела-Лейч, Удачное, Васюканское) недоступны для анализа из-за отсутствия данных или их крайне низкого качества. По остальным объектам площадные материалы сейсморазведки и скважинные данные были использованы при выполнении комплексного сейсмогеологического анализа.



1 – крупные структуры (1 - Пильтун-Астохская, 2-Чайвинская, 3 – Аркутун-Дагинская, 4 - Южно-Кириная, 5 - Восточно-Одоптинская, 6 – Аяшская); 2 – предполагаемые границы Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны; 3 – Северо-Сахалинский прогиб; 4– депозиты нижненутовского времени

Рис. 7. Субширотные временные сейсмические разрезы, иллюстрирующие принцип выполнения комплексной сейсмогеологической увязки

Сейсмический разрез по линии IV-IV

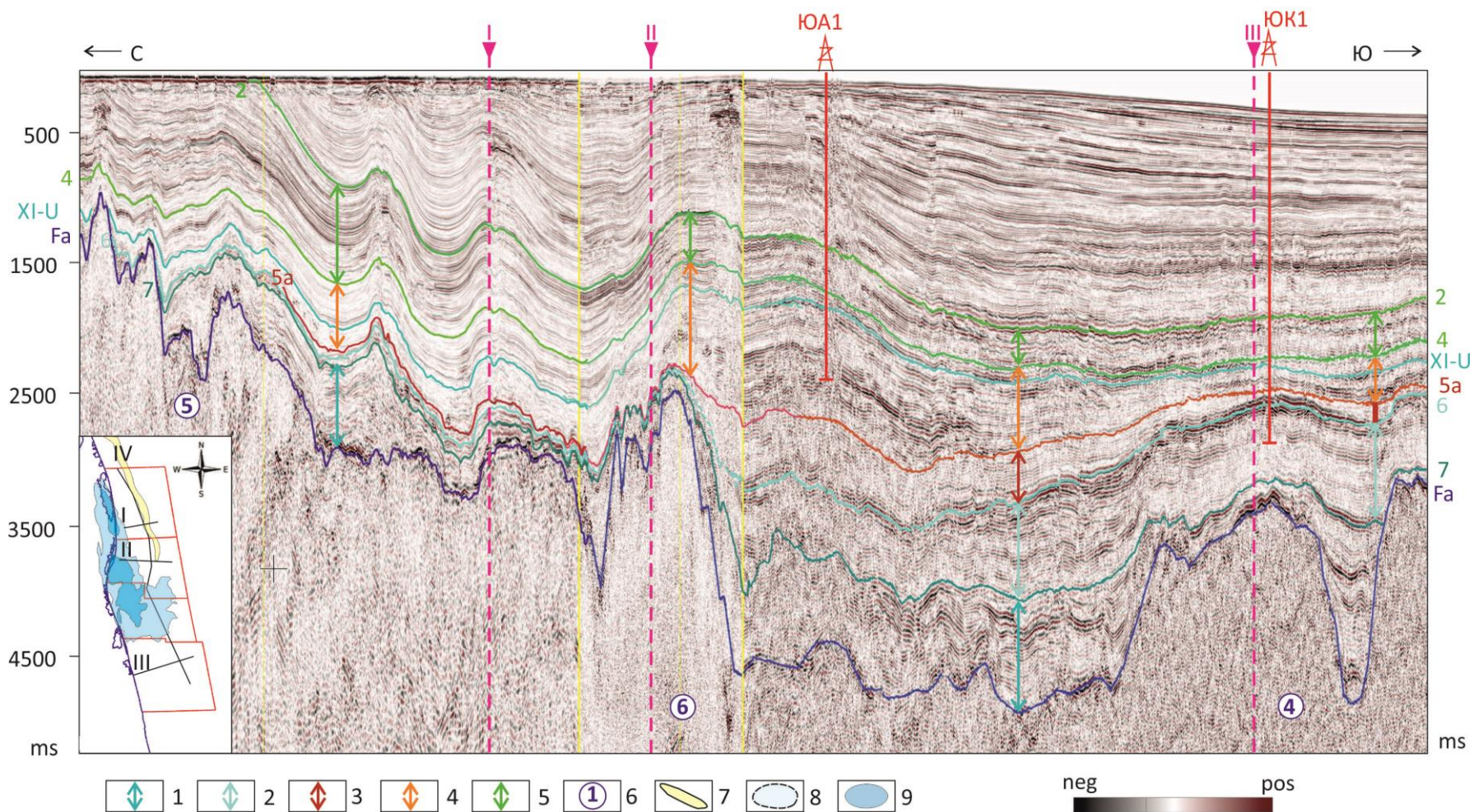


Рис. 8. Субмеридональный временной сейсмический разрез, иллюстрирующий принцип выполнения комплексной сейсмогеологической увязки

1 – интервал олигоценых отложений; 2 - интервал нижнемиоценовых отложений; 3 - интервал среднемиоценовых отложений; 4 - интервал верхнемиоценовых отложений; 5 - интервал нижнеплиоценовых отложений; 6 – крупные структуры (1 - Пильтун-Астохская, 2-Чайвинская, 3 – Аркутун-Дагинская, 4 - Южно-Кириная, 5 - Восточно-Одоптинская, 6 – Аяшская); 7 – предполагаемые границы Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны; 8 – Северо-Сахалинский прогиб; 9– депоцентры нижненутовского времени

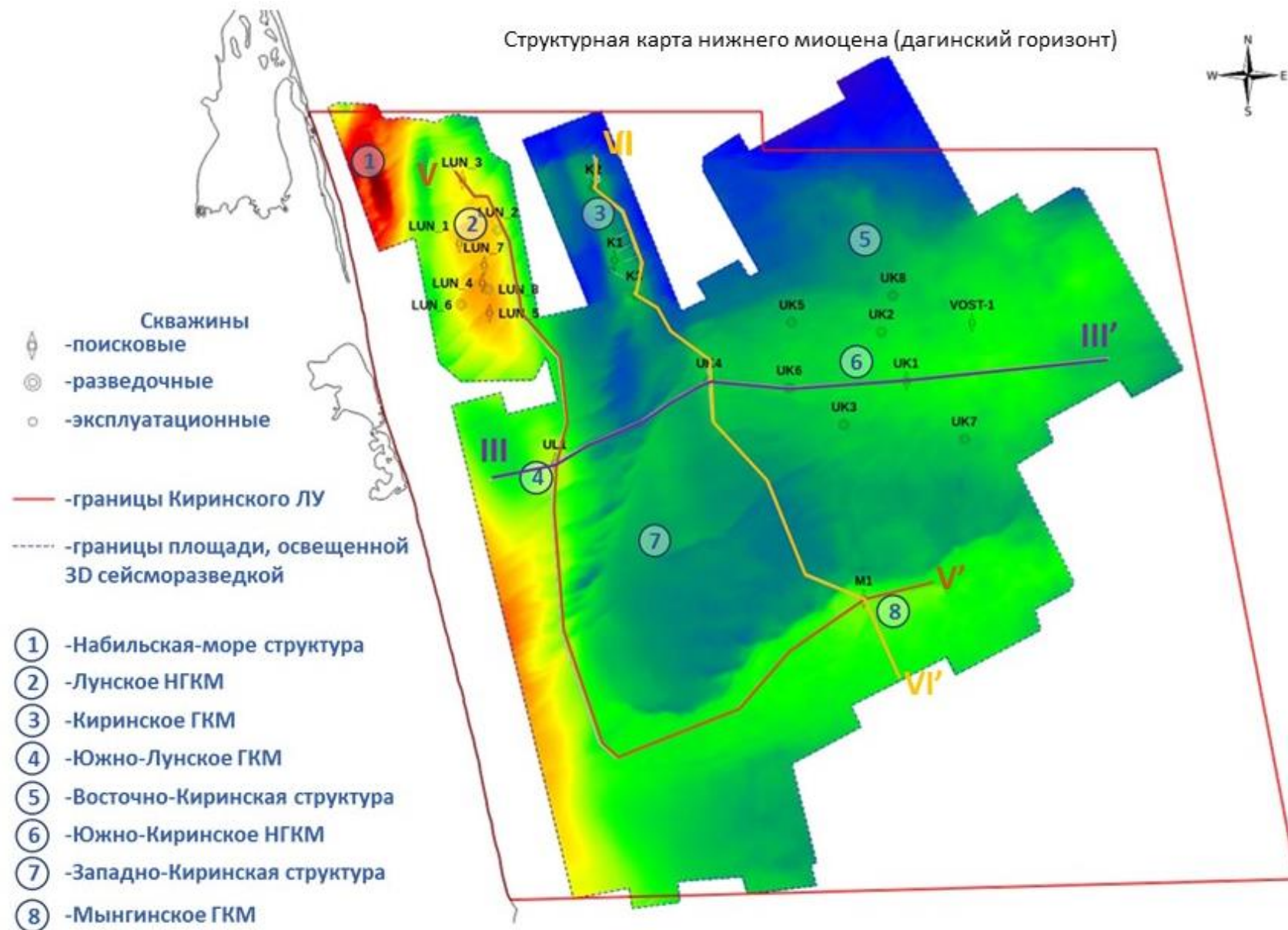


Рис. 9. Схема расположения опорных разрезов и основных структур – Кири́нский блок

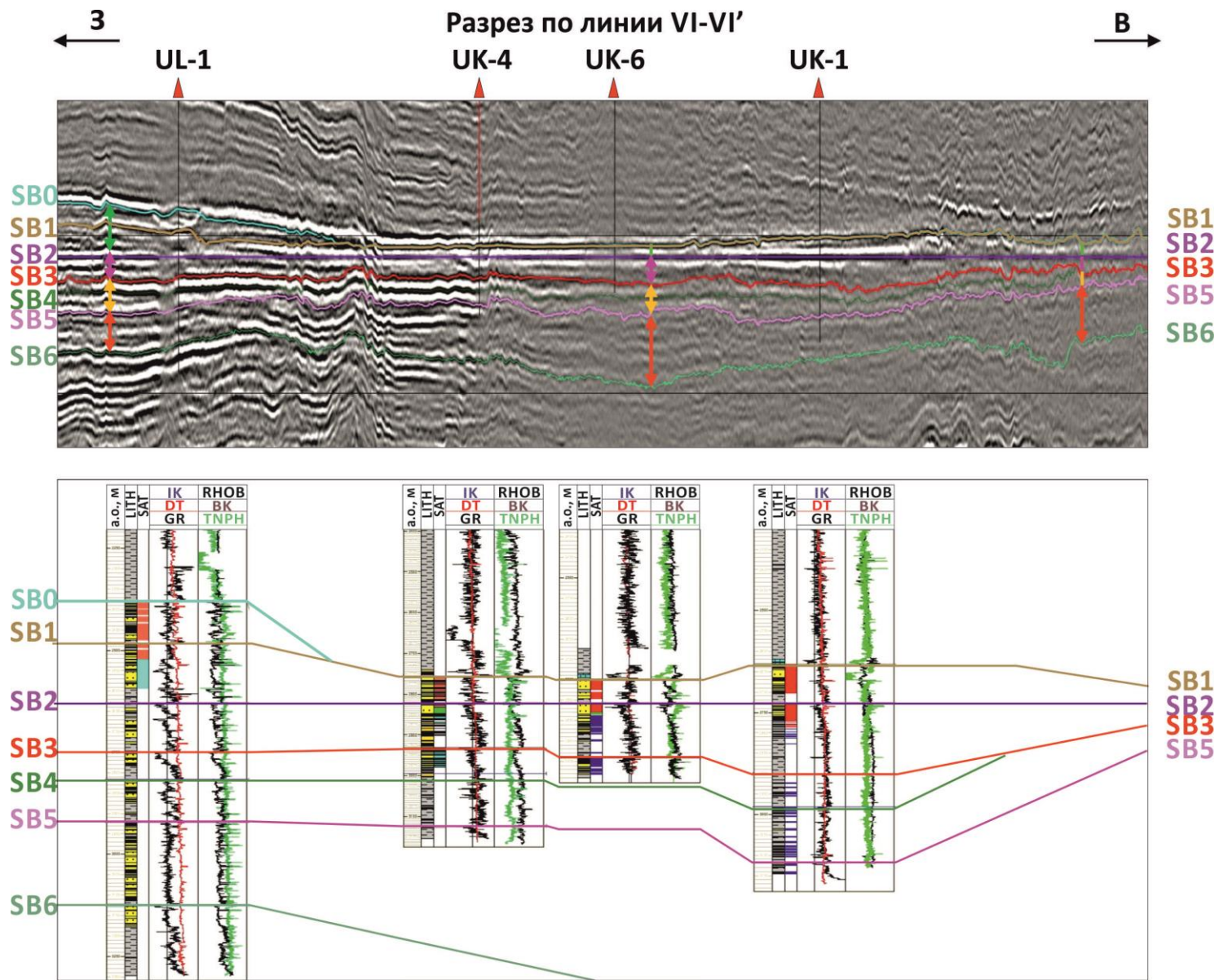


Рис. 11. Сейсмогеологический разрез VI - интервал нижнемиоценового дагинского горизонта (палеорекострукция на конец седиментационного цикла SB2)

Таблица 2

Сводная таблица взаимной корреляции пластов дагинского горизонта на Киринском ЛУ

Сиквенсы	ОГ	Лунское	Южно-Лунское	Киринское	Южно-Киринское	Мынгинское
ПетроТрейс 2021 г		ПЗ 2015 г	ОПЗ 2017 г	ОПЗ 2017 г	ОПЗ 2018 г	ОПЗ 2019 г
SB0	DgI	Dg_1_T	DgI	-	-	-
SB1		Dg_5_T	+	DgI-IV	DgI	DgI
SB2	DgII	Dg_10_T	DgII	+	DgII	DgII
SB3	DgIII	Dg_14_T	DgIII	DgV	DgIII	DgIII
SB4	DgIV	Dg_15_T	DgIV	+	+	-
SB5	DgV	Dg_17_2_T	DgV	+	DgV	DgIV
SB6	DgVI	Dg_19_T	DgVI	+	+	+
6a	6a	•	+	+	•	DgX

+ -1 + -2 - -3 • -4

1– цикл развит на участке, не учтен в действующей индексации, 2 - цикл предположительно развит на участке, не учтен в действующей индексации, 3 - цикл не развит на участке, 4 – интервал не вскрыт скважинами

С целью увязки продуктивных пластов нутовского горизонта по серии увязочных разрезов была выполнена корреляция наиболее выраженных в сейсмическом волновом поле отражений в интервале верхнемиоцен-раннеплиоценового нутовского горизонта (рис. 12, 13). В интервале нижненутовского подгоризонта прослежены поверхности пластов X, XI-U, XIII-U, XIV, XVI, XVII (номенклатура ExxonMobil). Они характеризуются различной степенью надежности и интенсивности отражений.

Исследование верхненутовского (раннеплиоценового) подгоризонта осложнялось слабой изученностью этого интервала разреза. Однозначно стратифицировать кровлю верхненутовских отложений сложно. Фактически, стратификация ОГ 2 основана на динамических свойствах сейсмической записи и анализа характеристик волнового поля. Отражение характеризуется хорошей динамической выраженностью и уверенно прослеживается па всей изучаемой площади. Внутри верхненутовского подкомплекса достаточно надежно прослеживаются ОГ 2-4, 2-3, 2-2, 2-1, за исключением участков, где горизонты выходят на поверхность.

Важным результатом проведённых исследований стало создание сводной таблицы взаимной корреляции пластов (табл. 3). Она наглядно иллюстрирует связь между выделенными по результатам сейсмогеологического анализа отражающими горизонтами и вариантами расчленения целевой толщи, принятой на месторождениях, расположенных в пределах Восточно-Одоптинского и Аяшского блоков.

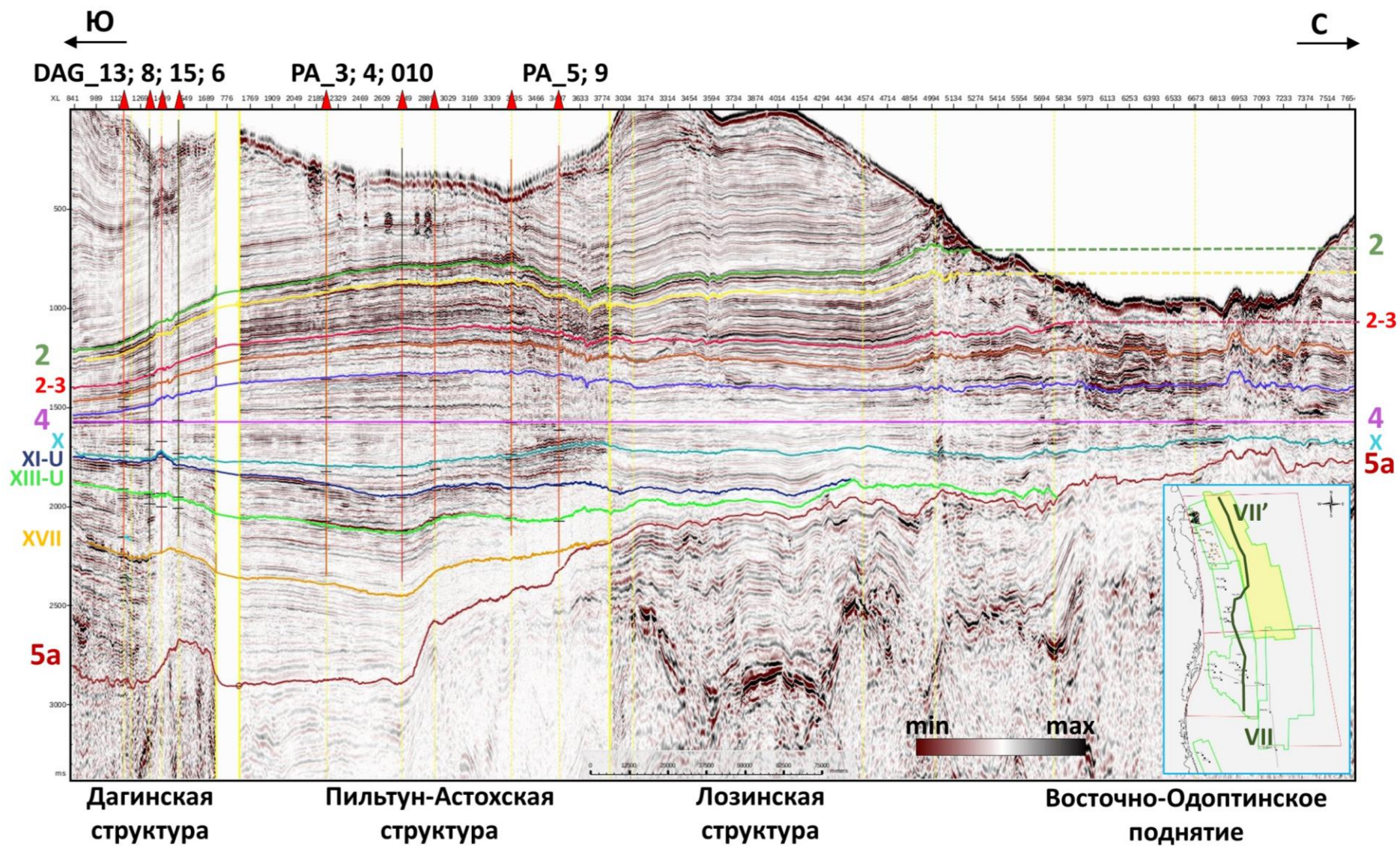


Рис. 12. Сейсмический разрез VII - интервал верхнемиоцен-раннеплиоценового нутовского горизонта (палеореконструкция на конец нижненутовского времени)

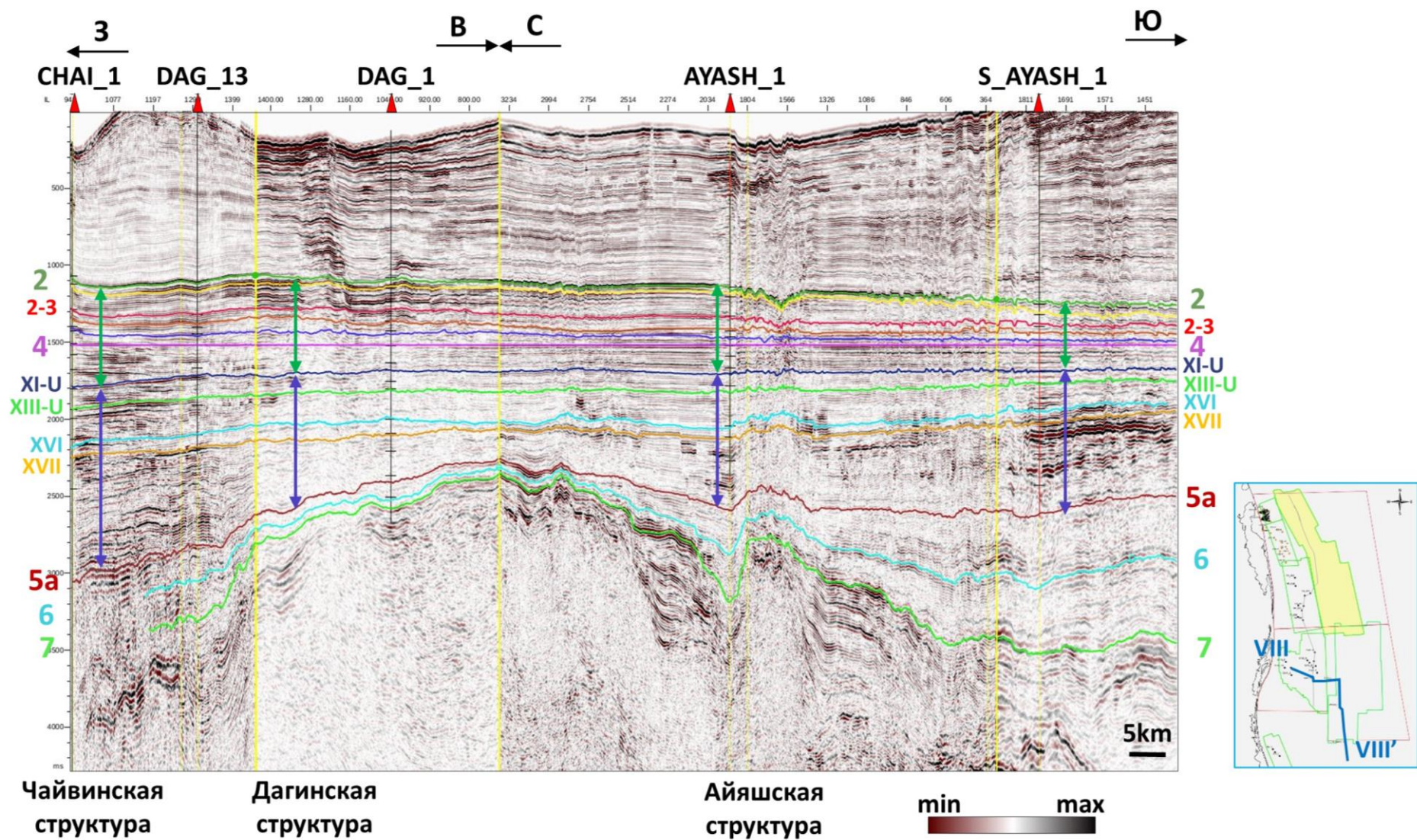


Рис. 13. Сейсмический разрез VIII - интервал верхнемиocen-раннеплиоценового нутовского горизонта (палеореконструкция на конец нижненутовского времени)

Таблица 3
Сводная таблица стратиграфического и пластового расчленения разреза
нутовского горизонта

Аналоги ОГ		Пильтун-Астох	Чайво	Аркутун-Даги	Нептун (Аяшская-1)	Тритон (Баутинская-1)	Южно-Аяшский
		ОПЗ	ОПЗ	Эксон-мобил	Газпром нефть	н/д*	Фугро-Джэйсон
Верхненутовский подгоризонт	2	-	-	-	-		-
	2-4	-	-	-	V		-
	2-3	-	-	-	VI		-
	2-2	-	-	-	VII/VIII		-
	2-1	-	-	-	IX-X		-
Нижненутовский подгоризонт	4	-	-	-	XI/XII		-
	X	XII/XVI-XVII	-	X-TU_top/X-L_top	XIII-XIV/XVI-XVII/XVIII/XIX		-
	XI-U	XVIII/XXI_S	-	XI_topU	XX	-	XIX-XXII
	XIII_U	XXIII_T	-	XIII-T_top	XXI/XXII	-	XIX-XXII/XXIII
	XIV	XXV_T	XIV_U	XIV-T_top	XXIII/XXIV/XXV	-	XXIII
	XVI	-	XVI_U	XIV-F_bot/XVII-F_top	XXVI		XXIV
	XVII	-	XVII-U	XVII-F_top	XXVII		XXVI

- 1
 - 2
 - 3
 * - 4

1– нефть; 2 – газ; 3 - интервал не вскрыт скважинами; 4 – нет данных по принятой индексации пластов

Такими образом, проведенный в рамках диссертационного исследования сейсмогеологический анализа позволили решить две задачи:

- создана единая цифровая база сейсмической и геолого-геофизической информации, проведена взаимная увязка сейсмических данных (2D и 3D) и сейсмогеологическая привязка скважин;
- выполнено сопоставление принятых на разных участках шельфа моделей расчленения разреза, в результате чего сформированы сводные таблицы взаимной корреляции опорных горизонтов и пластов, а также построен уточненный сейсмогеологический каркас северо-восточного шельфа острова Сахалин.

Это позволило минимизировать неравномерную изученность исследуемого участка шельфа и выявить общие закономерности в особенностях строения и развития данной площади.

3. ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ

По имеющимся данным геодинамическая эволюция структурных элементов Сахалинского региона на протяжении позднемезозойско-кайнозойского времени привела к обособлению четырех крупнейших тектонических систем: Северо-Сахалинской, Пограничной, Южно-Сахалинской и Западной-Сахалинской. Все они представляют собой осадочные (нефтегазоносные и возможно-нефтегазоносные) бассейны, характеризующиеся в зависимости от региональной геодинамической позиции специфичностью строения составляющих их тектонических элементов [60].

Поведение исследований осложнялось неравномерной изученностью сахалинского шельфа, а также ограниченным объемом сейсмических и геолого-геофизических данных, доступных для анализа. В первую очередь это относится к слабо изученному данными площадной сейсморазведки Венинскому блоку (см. рис. 1). Он расположен между Киринским и объединенным Аяшским и Восточно-Одоптинским участками осложняя совместный анализ имеющихся данных. Это обусловило следующий подход к решению задачи:

- Изучение южной части северо-восточного шельфа о-ва Сахалин (Киринский блок).
- Изучение северной части северо-восточного шельфа о-ва Сахалин (Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки).
- Совместный анализ полученных результатов, их обобщение с региональными данными и материалами по сопредельным участкам с целью выявления зональных закономерностей.

В рамках данного исследования была выполнена реконструкция истории развития региональных реперных горизонтов на отрезке геологического времени от олигоцена до раннего плиоцена по всем опорным сейсмогеологическим границам. Основой палеоструктурного анализа послужили карты изохрон между опорными отражающими горизонтами.

3.1. Киринский блок

Для создания уточненной сейсмогеологической модели Киринского перспективного участка на основе результатов интерпретации ПетроТрейс прошлых лет были построены объединенные структурные карты по сейсмическим отражающим горизонтам Fa, 7, 6 и 5a [84, 88, 93, 94, 95, 96, 97]. Кроме того, впервые для этой площади выполнена корреляция горизонтов нутовского комплекса (ОГ4, ОГ 2).

Тектоническая история и геолого-структурные особенности Киринской площади определяются его расположением на крайнем юго-востоке Северо-Сахалинского осадочного

бассейна. Анализ распределения толщин между опорными горизонтами, морфологии их поверхности и сети разрывных нарушений, прослеженных по сейсмическим данным, показал сильное влияние двух региональных тектонических структур:

1. Системы правых сдвигов субмеридионального простирания;
2. Системы субширотных разломов, предположительно приуроченных к зоне сочленения Охинского и Пограничного осадочного бассейна.

В пределах Киринского блока по кровле фундамента ярко выражены крупные Южно-Киринское и Мынгинское поднятия. Оба они приурочены к крупным положительным блокам фундамента, ограниченных субширотными дизъюнктивными нарушениями (рис. 14, 15). Согласно карты разломов Сахалина и присахалинского шельфа (рис. 16), северное крыло Южно-Киринского поднятия осложняет Прибрежный региональный сбросо-сдвиг, а Мынгинский блок с севера ограничен Совгаванским региональным сбросом [60].

Современные данные и актуальные методологические подходы, изложенные в работах А.И. Тимурзиева [50, 51, 16] позволяют подтвердить конфигурацию и тип этих региональных дизъюнктивных нарушений, а также выявить Киринский сдвиг (см. рис. 14, 15). Он расположен на северо-западе участка и протягивается через одноимённое поднятие. Изучение геометрии и карт временных толщин позволило сформулировать следующую модель структурно-тектонической эволюции Киринского блока.

Палеоген

В этот период изучаемый район испытал влияние четырех этапов кайнозойского развития Сахалинского региона (палеоценовый; ранне-среднеэоценовый; средне-позднеэоценовый; позднеолигоценовый). Как видно на карте толщин палеогена (ОГ Fa – ОГ 7), представленной на рисунке 15, к концу палеогенового времени на изучаемом участке существовали Мынгинская структура и отделенная от нее прогибом обширная приподнятая зона. Характер изменения толщин интервала палеогена (ОГ Fa-ОГ 7) указывает на то, что к концу этого периода Киринское, Южно-Киринское и Восточно-Киринское блоки фундамента формировали единое Киринское мегаподнятия, которое занимало северо-восточную часть изучаемого участка, и протягивалось за его пределы на север и восток. То есть, сдвиговая активность, сформировавшая основные черты строения этого участка шельфа проявилась не в палеогеновое время, а позднее.

Мынгинская структура имеет субширотную ориентировку, конформную направлению Совгаванского регионального сброса. Она представляет собой грабен, ограниченный двумя амплитудными разломами. Формирование структуры приурочено к позднеолигоценовому этапу кайнозойского развития.

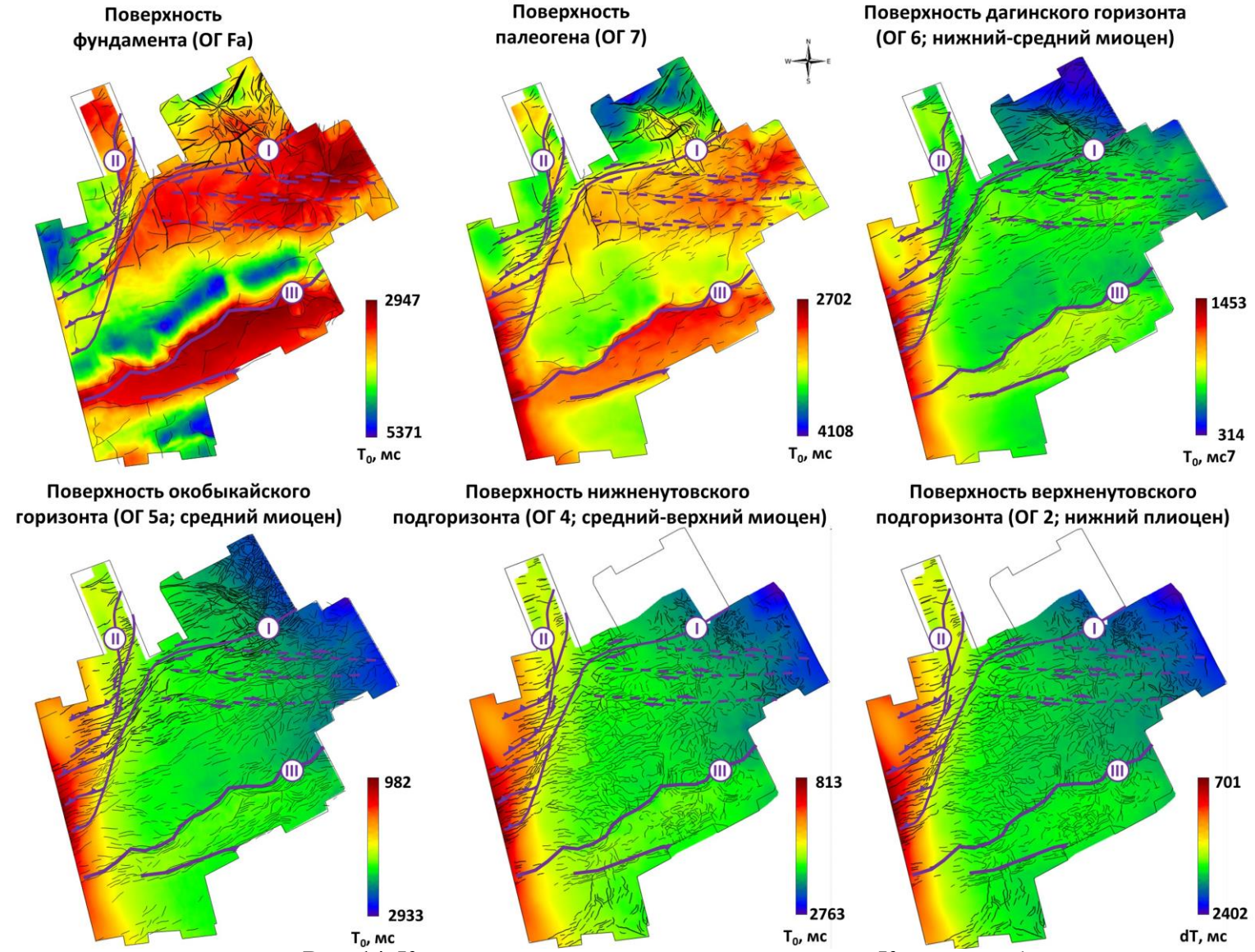


Рис. 14. Карты изохрон отражающих горизонтов – Киринский блок
Названия основных разрывных нарушений (римские цифры в кружках):
I – Прибрежный сдвиг, **II** - Киринский сдвиг, **III** – Совгаванский (Мынгинский) разлом

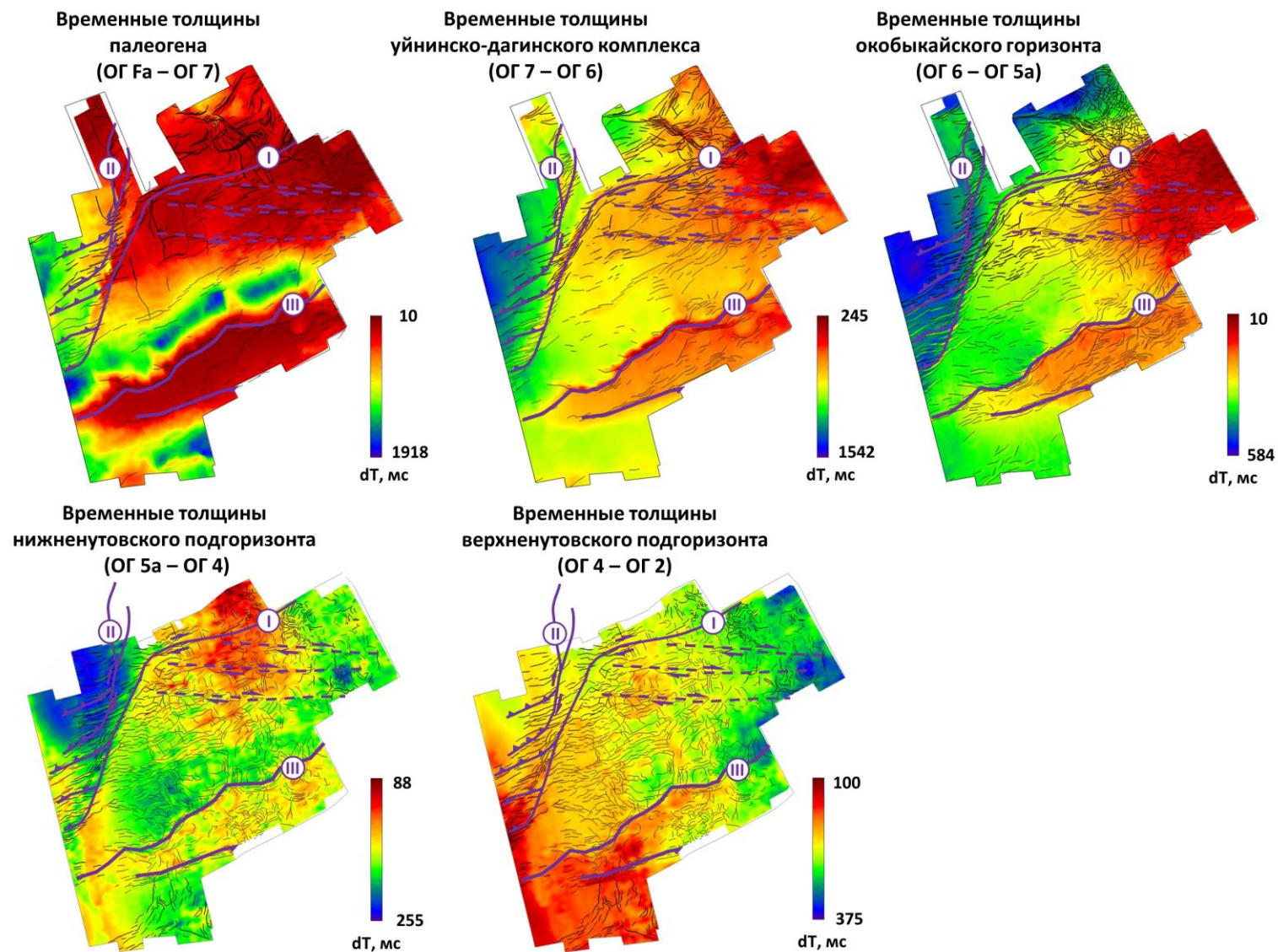
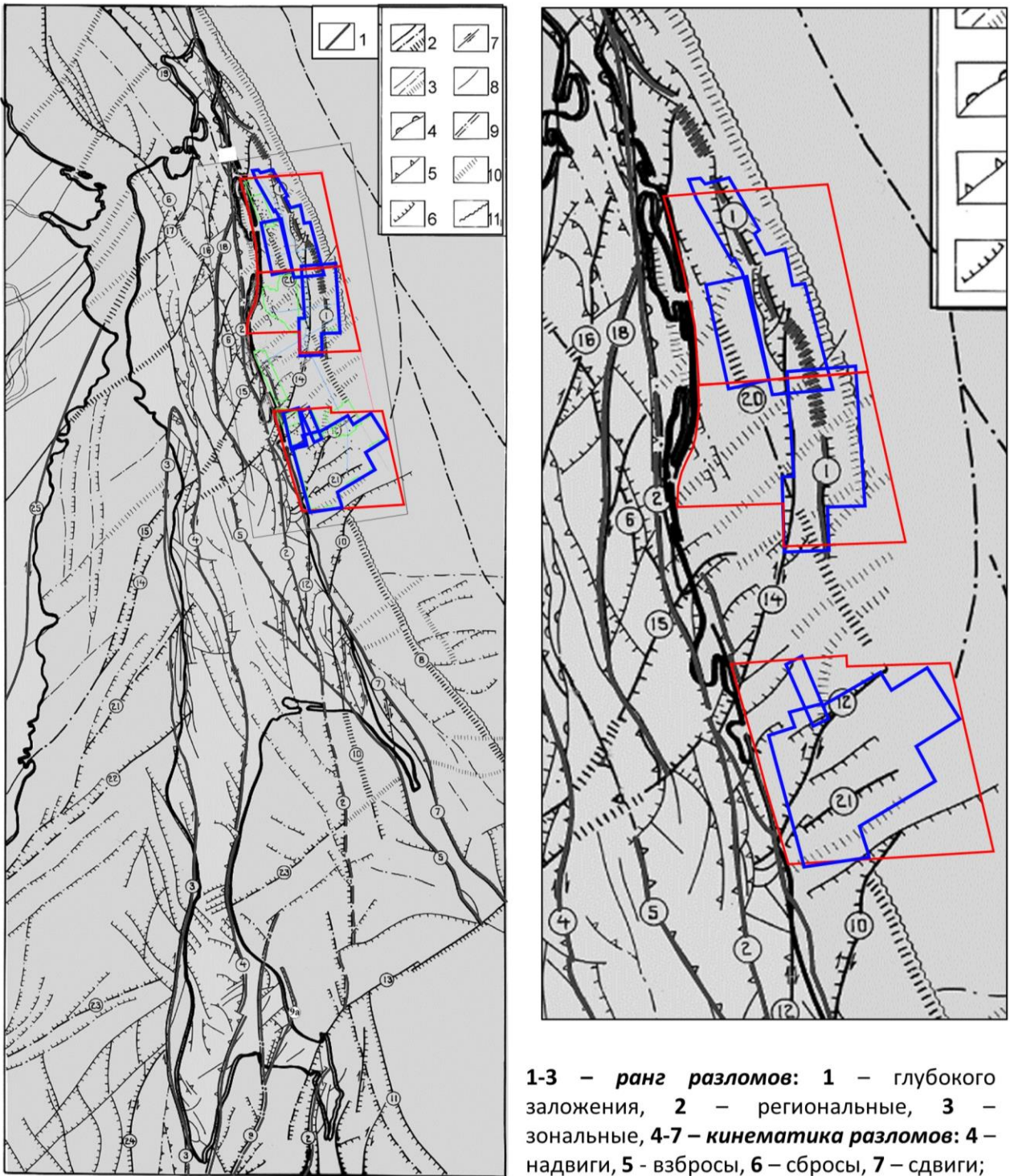


Рис. 15. Карты временных толщин между отражающими горизонтами – Киринский блок
Названия основных разрывных нарушений (римские цифры в кружках):
I – Прибрежный сдвиг, **II** - Киринский сдвиг, **III** – Совгаванский (Мынгинский) разлом



Список разломов: 1 – Восточно-Сахалинский, 2 – Хоккайдо-Сахалинский, 3 – Западно-Сахалинский, 4 – Центрально-Сахалинский, 5, 18 – Срединно-Сахалинский (5 – Первомайский, 18 – Верхне-Пильтунский), 6 – Западно-Байкальский, 7 – Пограничный, 8 – Тюлений, 9 – Сусунайский, 9а – Мерейский, 10 – Лиманский, 11 – Владимирский, 12 – Прибрежный, 13 – Мордвиновский, 14 – Аукан-Лунский, 15 – Тымский, 16 – Гыргыланьинский, 17 – Восточно-Байкальский, 18 – Западно-Шмидтовский, 20 – Западно-Одоптиснский, 21 – Совгаванский, 22 – Бошняковский, 23 – Слепиковский, 24 – Монеронский, 25 – Восточно-Сихотэалинский

Рис. 16. Карта разломов Сахалина и присахалинского шельфа (Харахинов В.В., 2010 г)

Ранне-среднемиоценовый этап

Данный этап характеризуется транстензионным режимом. На его фоне, в складчатых системах происходит формирование сети присдвиговых структурных форм, ставших впоследствии основой сдвиговых поясов Хоккайдо-Сахалинской системы [60]. Эти же процессы, по всей видимости, обусловили формирование системы правосторонних сдвигов в пределах изучаемой площади.

Наиболее крупные из них - Прибрежный сдвиг. Он протягивается через весь Киринский блок, оконтуривая западное и северное окончание «современной» конфигурации Южно-Киринского поднятия. На его западном окончании сформирован чешуйчатый веер сжатия (структура конский хвост), к которому приурочена серия надвигов. Подобные структуры и механизмы их формирования хорошо изучены и часто сопровождают крупные сдвиговые дислокации [76]. Характерной особенностью Прибрежного сдвига является смена его направления с северо-восточного на субширотное. Восточный (субширотный) отрезок сдвига принимает ориентировку Совгаванского (Мынгинского) регионального сброса. На этом же участке отмечается формирование системы вторичных (антитетических) сдвигов. Они ориентированы в юго-восточном направлении и осложняют Южно-Киринское поднятие по всей площади. Наиболее выраженные из вторичных сдвигов отмечены на рисунках 14, 15.

Результаты диссертационных исследований указывают на определяющее влияние сдвиговой тектоники на формирование Южно-Киринского поднятия. В пределах изучаемого участка (ОГ7 - ОГ6), на участке между Прибрежным сдвигом и Совгаванским региональным сбросом формируется зона проседания-растяжения (pull-apart). Сложное взаимодействие сдвиговых дислокаций обусловило вращение и воздымание Южно-Киринского поднятия и синхронное погружение Мынгинской синклинали. Эти процессы сопровождались формированием множества разнонаправленных сколов на этом участке, определивших блоковое строение приуроченных к этому объекту залежей (рис. 17).

К западу от Прибрежного прослеживается Киринский сдвиг. На его южном окончании формируется структура конский хвост, а в районе Киринского поднятия – присдвиговый дуплекс сжатия [76]. На рисунке 18 можно проследить произошедшее в начале раннего миоцена отделение Киринского поднятия от единой приподнятой зоны (ОГ 7 – ОГ 6а). На протяжении нижнего миоцена (ОГ 6а – ОГ 6с; ОГ 6а – ОГ DgIII; ОГ DgII – ОГ 6) тектоническая активность постепенно замедляется, что приводит к постепенной компенсации Киринского поднятия осадками.

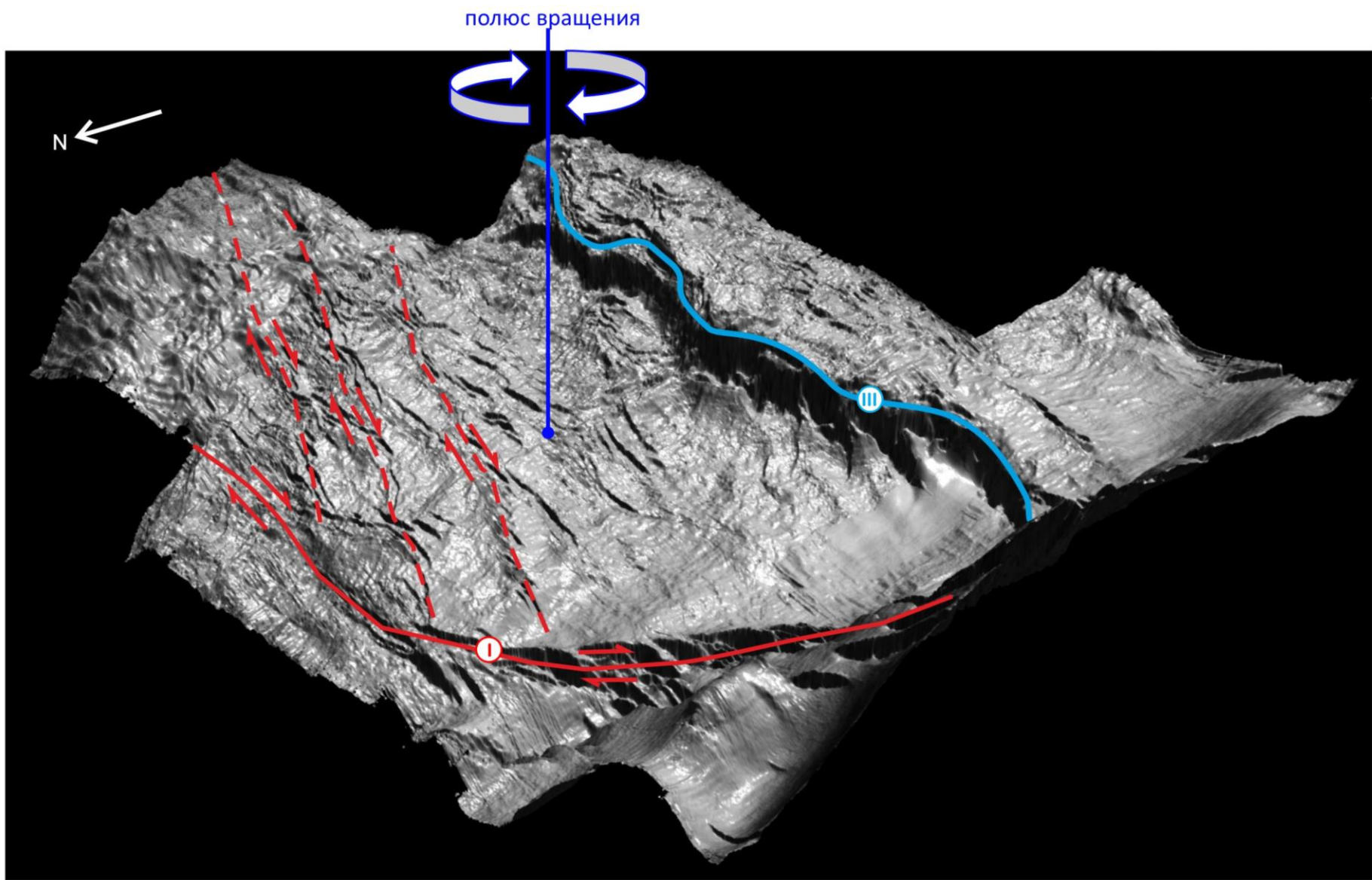


Рис. 17. Трехмерная визуализация поверхности дагинского горизонта (ОГ 6) и атрибута когерентность интервала ОГ 6±10 ms
Названия основных разрывных нарушений (римские цифры в кружках): **I** – Прибрежный сдвиг, **III** – Совгаванский (Мынгинский) разлом

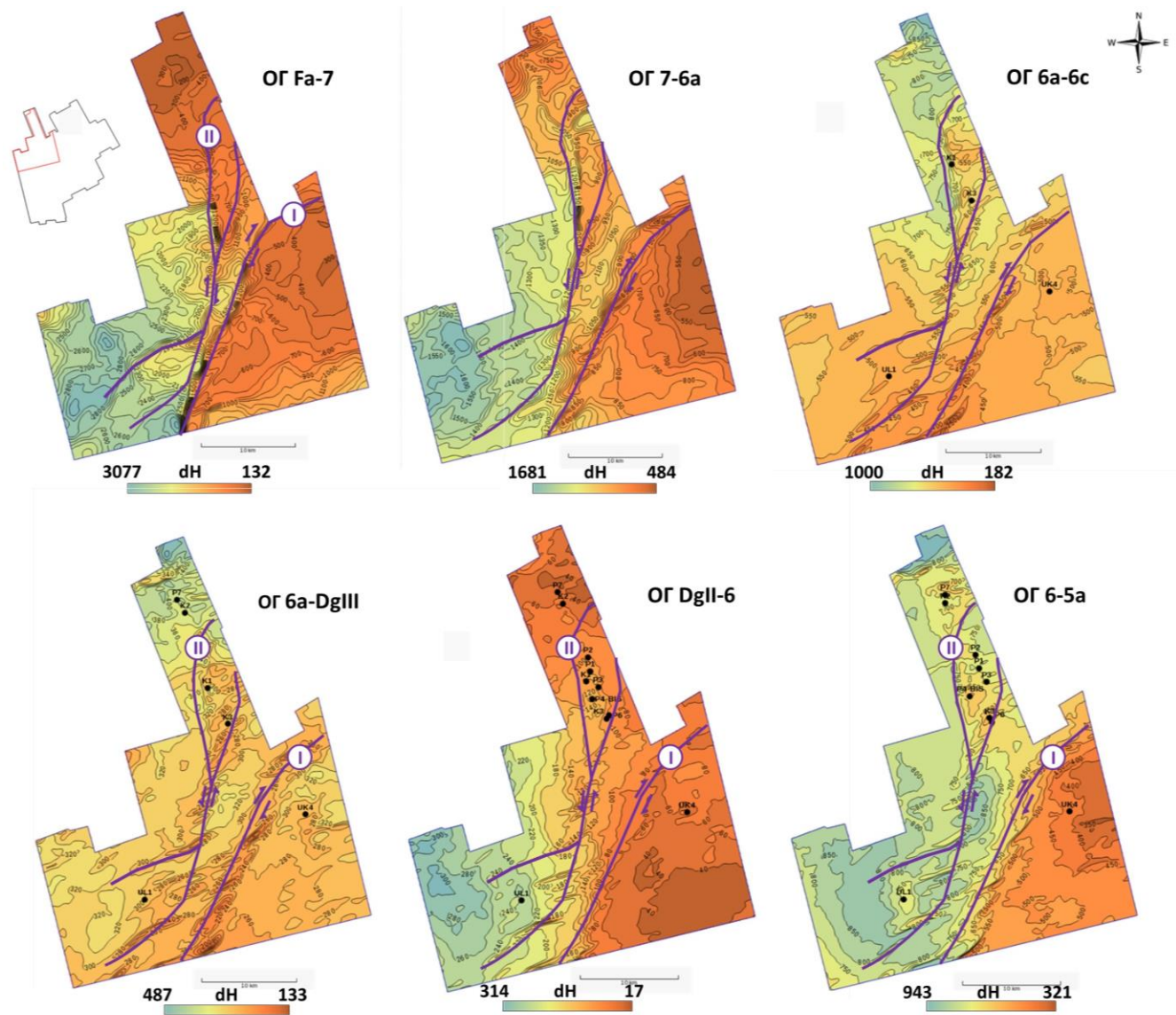


Рис. 18. Карты толщин в интервале олигоцена и нижнего миоцена отражающее особенности развития Кири́нского сдвига и приуроченных к нему структур

Названия основных разрывных нарушений (римские цифры в кругах): **I** – Прибрежный сдвиг, **II** - Кири́нский сдвиг

Средне-позднемиоценовый этап

Данный этап характеризуется режимом пострифтового оседания. Трансгрессия захватила весь регион и привела к формированию существенно глинистой морской толщи (окобыкайская свита и ее аналоги). На территории Киринского блока этот этап выражен в продолжении сдвиговой активности, что обеспечило дальнейшее конседиментационное развитие Киринской и Южно-Киринской структур, а также формированию в районе чешуйчатого веера сжатия Киринского сдвига - Южно-Лунской структуры. Все они отображаются участками сокращенных толщин окобыкайских (ОГ 6 – ОГ 5а) отложений (см. рис. 15, 18). Таким образом, к концу среднемиоценового времени в общих чертах был сформирован современный структурный облик Киринского участка. Исследования показали сильное влияние сдвиговой тектоники на геодинамическую эволюцию этого района и ее значительный вклад в формирование структурного плана.

В позднемиоценовое время (ОГ 5а – ОГ 4) происходит постепенное прекращение интенсивной тектонической активности, что приводит к началу захоронения крупных структур. К концу этого подэтапа отмечается смена преобладавшей ранее присдвиговой сети разрывных нарушений на полигональную, связанную с постседиментационным оседанием глинистых пород, преобладающих в разрезе среднего и позднего миоцена на изучаемой площади (см. рис. 14, 15).

Плиоцен-Четвертичный этап

К началу плиоцена, все присдвиговые структуры Киринского бока были компенсированы осадками. На карте толщин (см. рис. 15) находит отражение только Мынгинское поднятие, в районе которого мощности нижнего плиоцена (ОГ 4 – ОГ 2) сокращены. Максимальные мощности отмечаются в восточной части исследуемого участка. Разломная сеть в этом интервале также представлена полигональной системой нарушений, что говорит о продолжении постседиментационного оседания преимущественно глинистых отложений средне-позднемиоценового и раннеплиоценового возраста.

3.2. Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки

Северный участок детального анализа включает в себя Аяшский, Восточно-Одоптинский, Пильтун-Астохский, Чайвинский и Аркутун-Дагинский участки. Для изучения особенностей строения этой части северо-восточного шельфа острова Сахалин также были построены объединённые карты по сейсмическим отражающим горизонтам Fa, 7, 6, 5а, 4, 2 и рассчитаны карты временных толщин между ними (рис. 19, 20, 21).

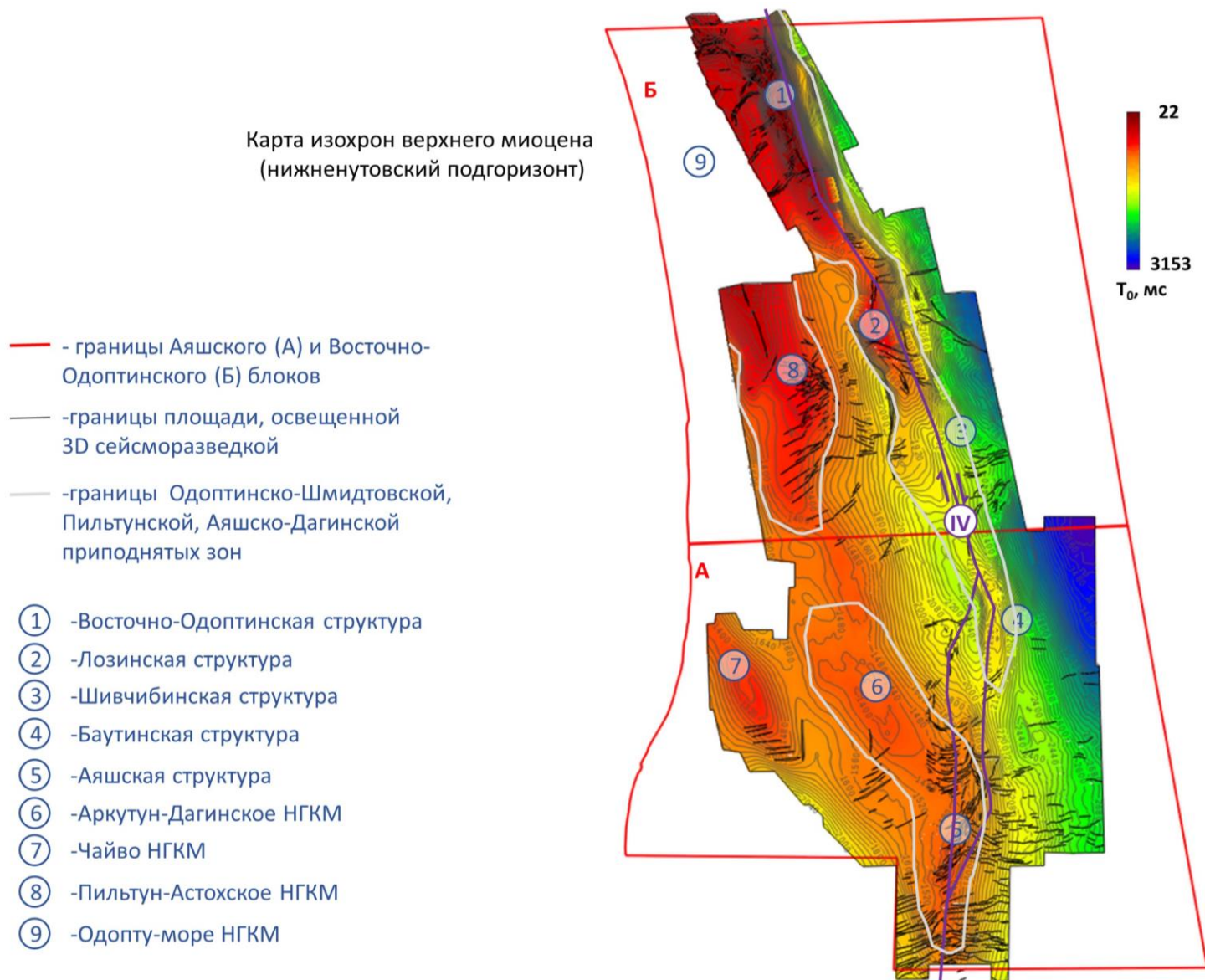


Рис. 19. Схема расположения основных структур – Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки
Названия основных разрывных нарушений (римские цифры в кружках): **IV** – Восточно-Сахалинский сдвиг

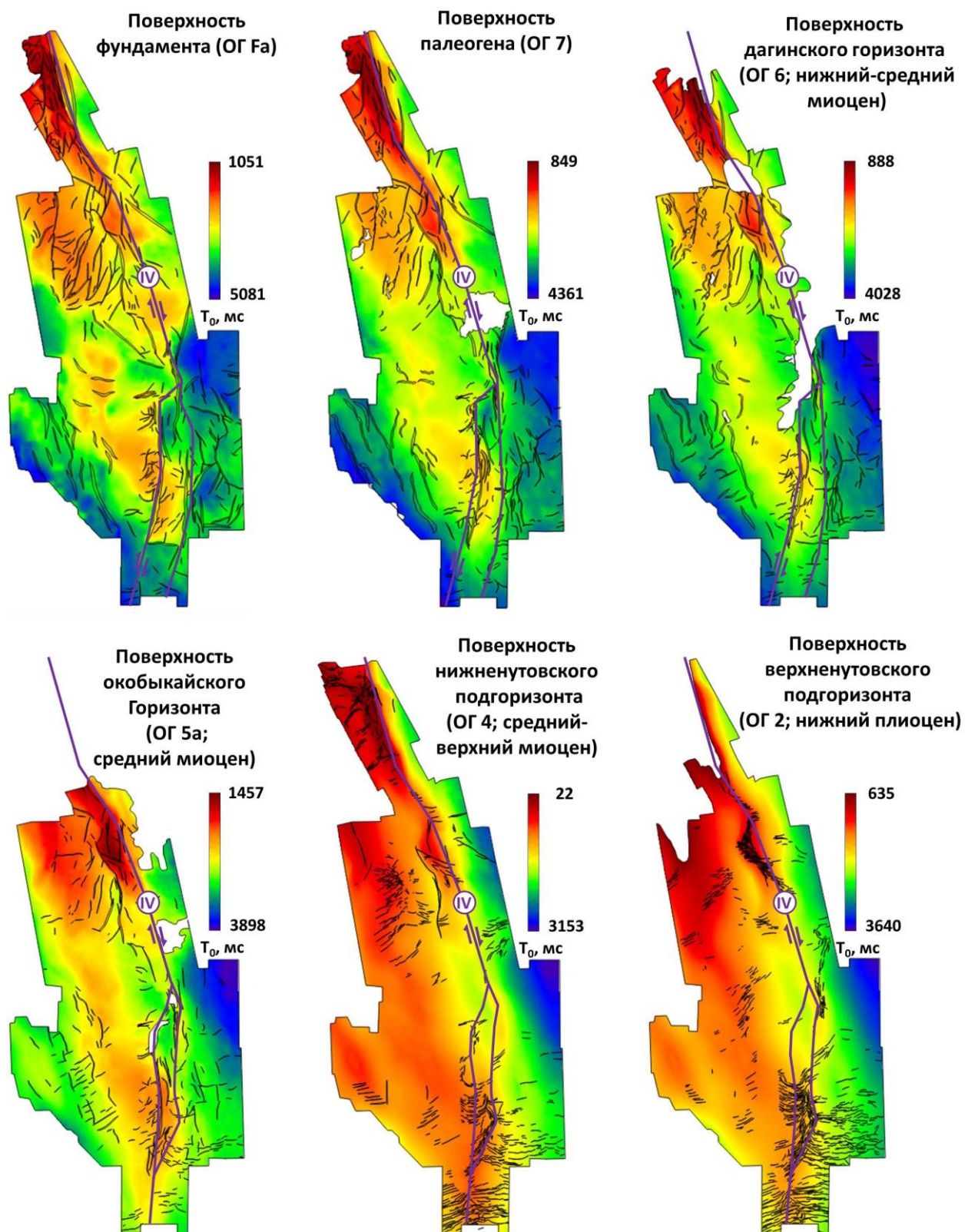


Рис. 20. Карты изохрон отражающих горизонтов – Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки

Названия основных разрывных нарушений (римские цифры в кружках):

IV – Восточно-Сахалинский сдвиг

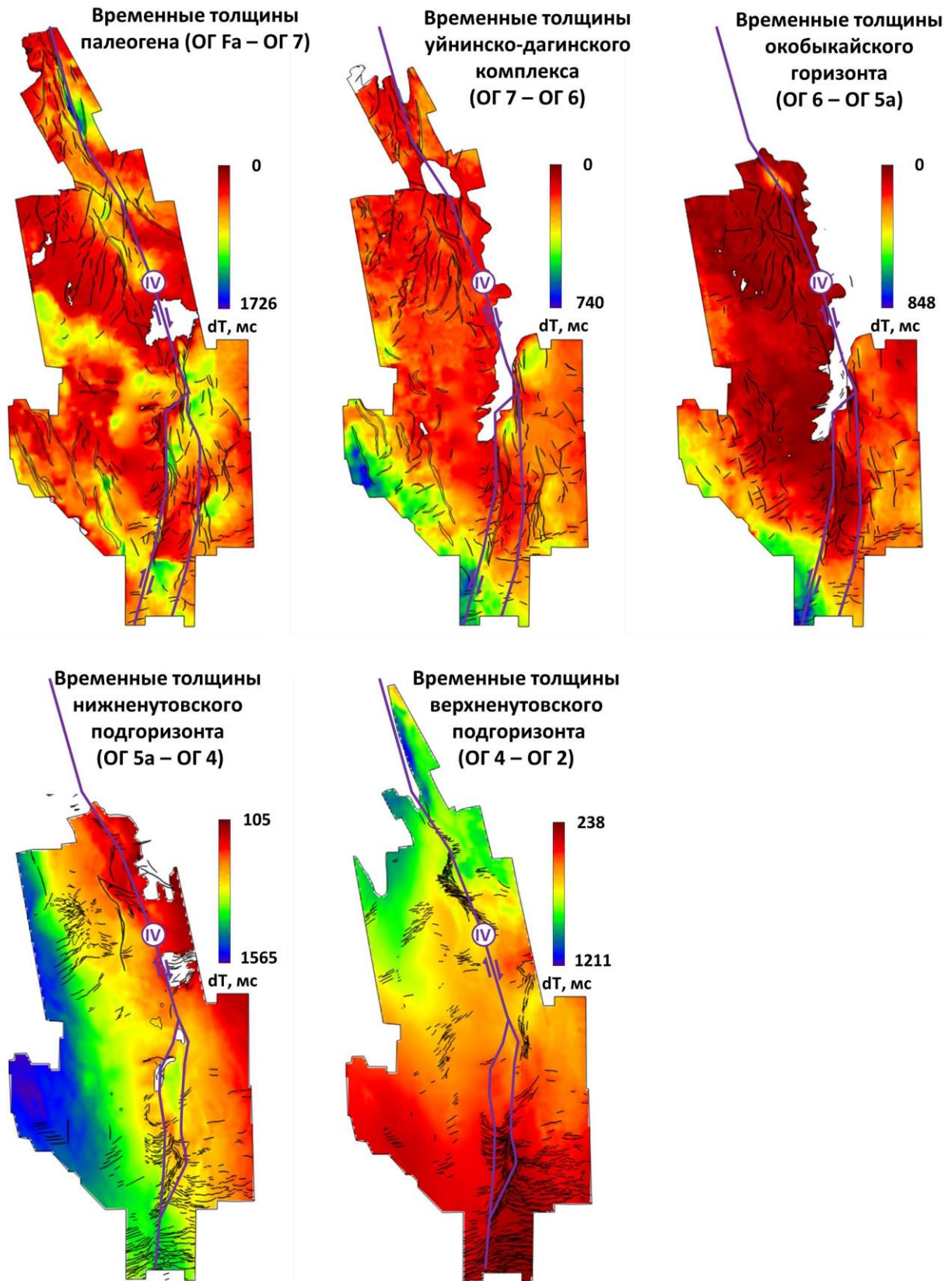


Рис. 21. Карты временных толщин между отражающими горизонтами – Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки
Названия основных разрывных нарушений (римские цифры в кружках):
IV – Восточно-Сахалинский сдвиг

Данная площадь характеризуется крайне сложным строением и историей развития. Структурно-тектоническая характеристика площади подчинена влиянию обширной системы сдвиговых дислокаций, широко представленных на изучаемых участках. Основной из них - Восточно-Сахалинский региональный сдвиг. На карте разломов Сахалина и присахалинского шельфа он был выделен как сброс (см. рис. 16), но новейшие тектонические карты и схемы отмечают его сдвиговую природу (см. рис. 5, 6).

Основные элементы Восточно-Сахалинского сдвига прослежены на основе комплексного анализа карт и динамических атрибутов. В районе Шивчибинской структуры Восточно-Сахалинский сдвиг прослежен условно. Это связано с тем, что данный выступ фундамента долгое время (палеоген, нижний- средний миоцен) находился выше базиса эрозии. В результате чего отложения до нутовского возраста здесь не представлены и проследить разрывные нарушения, сопровождавшие развитие Шивчибинской структуры, невозможно.

Забегая вперед можно отметить важнейшую роль Восточно-Сахалинского сдвига на структурно-тектоническую эволюцию изучаемого участка. По результатам проведённых исследований отмечено, что приуроченная к этому сдвигу группа структур (с севера, на юг: Шмидтовская, Северо-Одоптинская, Восточно-Одоптинская, Лозинская, Баутинская) синхронно развивалась большую часть геологической истории. Это позволяет рассматривать ее как единый структурный элемент, названной в рамках диссертационного исследования Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоной.

Палеоген

По поверхности мелового фундамента (ОГ Fa) в пределах исследуемой площади закартированы три приподнятые зоны (далее ПЗ), что хорошо видно на карте изохрон (см. рис. 19, 20):

Одоптинско-Шмидтовская ПЗ расположена на севере объединенной съемки МОГТ-3D и представляет собой вытянутую в субмеридиональном направлении группу приподнятых блоков. Наиболее выраженные из них располагаются в районе Восточно-Одоптинской, Лозинской и Шивчибинской структур, расположенных вдоль Восточно-Сахалинского сдвига. Все они сформировались как блоки фундамента и приобрели свою современную конфигурацию под влиянием этого сдвига в допалеогеновое время.

Пильтунская ПЗ расположена к востоку от Одоптинско-Шмидтовской. В пределах изучаемой площади расположен только южный фрагмент этой структуры, что ограничивает возможности для анализа. Конфигурация этого приподнятого блока фундамента позволяет предположить его продолжение на участке Одопту-море.

Аяшко-Дагинская ПЗ расположена южнее и состоит из двух приподнятых блоков фундамента смещенных друг относительно друга, под влиянием Восточно-Сахалинского сдвига. В современном плане, амплитуда горизонтального смещения восточного блока

достигает 13 км. По горизонтам осадочного чехла в пределах этой приподнятой зоны выделяются Аркутун-Дагинская и Аяшская структуры. Ранние исследования разделяют эти объекты как по морфологии, так и по генезису, но проведённые исследования показали, что они имеют общее время заложения и синхронно развивались на протяжении палеогена и миоцена.

Восточно-Сахалинский сдвиг также определил заложение Баутинской структуры и расположенного западнее нее локального прогиба. По всей видимости, обе они представляют собой структуры присдвигового сжатия-растяжения (pull-apart). Это предположение сделано на основе изучения основных элементов Восточно-Сахалинского сдвига и их кинематики (рис. 22).

Описанные выше процессы структурно-тектонического развития исследуемого участка подтверждаются палеоструктурным анализом. На карте временных толщин палеогена (ОГ Fa – ОГ 7) видно, что по всей изученной площади мощности хорошо выдержаны, что указывает на достаточно спокойный тектонический режим изучаемой площади в олигоценовое время (см. рис. 21). Участки увеличенных толщин палеогена имеют линейный характер и по большей части приурочены к Восточно-Сахалинскому сдвигу. Как упоминалось ранее, наиболее ярко сдвиговая тектоника проявилась в районе Аяшской структуры (см. рис. 22), что вероятно связано с позднеолигоценовым этапом тектонической активности (28,5–23,8 млн лет). По данным Харахинова В.В., в это же время «начался рост Восточно-Сахалинского, Шмидтовского и Сусунайского поднятий, определивших контуры нижнемиоценовых седиментационных бассейнов о-ва Сахалин» [62], что подтверждает правильность выделения Одопинско-Шмидтовской приподнятой зоны, как генетически связанной группы структур и может указывать на более широкое, чем считалось ранее, влияние Восточно-Сахалинского сдвига в домиоценовое время.

Также отметим формирование в этот период Шивчибинской структуры. Она активно развивалась вплоть до верхнемиоценового времени. Следствием чего стало полное отсутствие отложений палеогена и раннего- среднего миоцена (дагинский, окобыкайский, частично нижненутовский горизонты) в районе этого поднятия.

К концу палеогенового времени (ОГ 7) структурный план площади существенно выполаживается. При этом, его основные черты сохраняются. Часть непротяжённых и малоамплитудных разрывных нарушений фундамента (ОГ Fa) также компенсируются осадками палеогена (см. рис. 20). Намечается тенденция к объединению Аяшко-Дагинской и Пильтунской структур в единую приподнятую зону.

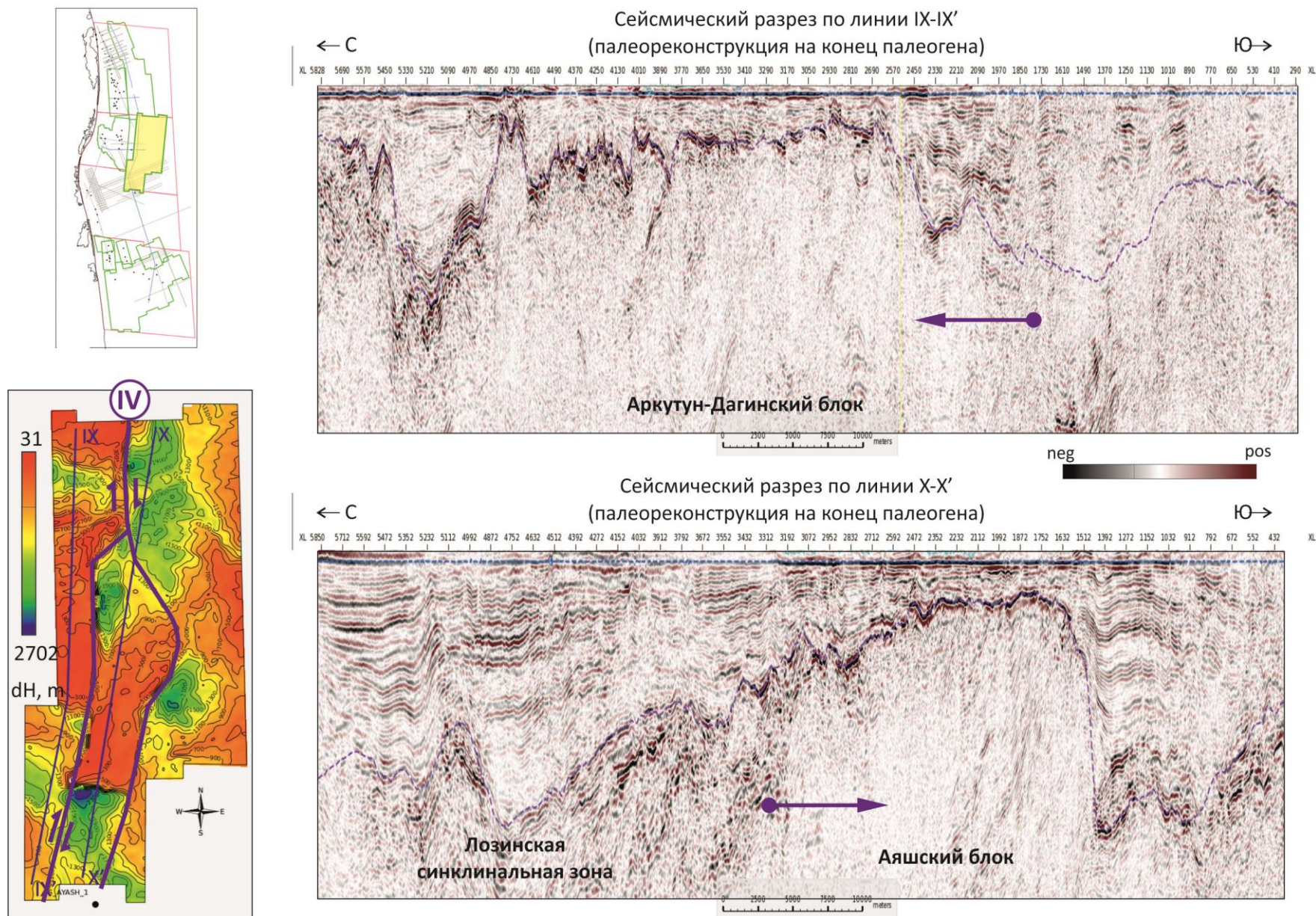


Рис. 22. Сейсмические разрезы IX, X - кинематика Восточно-Сахалинского сдвига в районе Аяшского поднятия

Ранне-среднемиоценовый этап

Раннемиоценовый этап (23,8–16,9 млн лет) начался с резкого углубления морского дна в условиях интенсивного растяжения литосферы синхронно с глобальным максимальным затоплением морских акваторий, завершившееся регрессией моря. В это время в регионе приобретают окончательный контур крупнейшие депрессии Циркумсахалинской и Североохотской субпровинций с депоцентрами в Дерюгинской и Тинровской глубоководных котловинах. [62]. На участках Аяшского и Восточно-Одоптинского блоков в это время преобладает спокойный тектонический режим. Наличие зоны увеличенных толщин вдоль юго-западной границы объединенной съемки МОГТ-3D, указывает на интенсивное развитие Северо-Сахалинского прогиба (см. рис. 5, 6).

В пределах изучаемой площади отмечается формирование серии поднятий, расположенных вдоль Восточно-Сахалинского сдвига (см. рис. 20, 21). На карте поверхности нижнего миоцена (дагинский горизонт; ОГ 6) они маркируются участками отсутствия данных. Что связано с денудацией отложений в сводах наиболее приподнятых участков Одоптинско-Шмидтовской ПЗ, во время регрессии, завершившей раннемиоценовый этап. На юго-западе исследуемой площади отмечается зона увеличенных толщин, которые маркируют продолжением развития Северо-Сахалинского палеопрогиба.

Средне-позднемиоценовый этап

Конец среднемиоценового этапа (16,5–15,5 млн лет) знаменуется импульсом плюмовой активности (фазой тектогенеза), завершающей рифтогенный суперцикл геодинамической истории кайнозоя региона. В этот период, в зонах действия литосферных разломов происходит интенсивное развитие поднятий, среди которых и Восточно-Сахалинское и Шмидтовское [62]. Всплеск активности Восточно-Сахалинской системы сдвигов привел к интенсивному воздыманию Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны.

Восточно-Одоптинское поднятие поднимается выше базиса эрозии. В его своде происходит интенсивная денудация, сопровождавшаяся выносом обломочного материала вглубь бассейна. Интенсивный рост этой структуры сильно отразился на характере развития среднемиоценовых отложений (окобыкайский горизонт; ОГ 5a). В пределах изучаемой площади их мощность сильно сокращается с юга на север (см. рис. 8), вплоть до полного отсутствия среднемиоценовых отложений в районе Восточно-Одоптинской структуры (см. рис. 20, 21).

Позднемиоценовый подэтап (11,7–5 млн лет) характеризуется резким снижением уровня океана. На этом фоне заметно увеличился вынос обломочного материала с активным формированием дельтовых систем. Основным источником привноса обломочного материала на север Сахалина становится крупная Палеоамурская дельта (см. рис. 3, 4).

В пределах изучаемой площади, этот период характеризуется слабой тектонической активностью. Одоптинско-Шмидтовское поднятие не испытывало интенсивного воздымания, что обусловило широкое развитие верхнемиоценовых отложений по всей площади участка МОГТ-3D (см. рис. 20). Карта временных толщин верхнего миоцена по большей части отражает особенности осадконакопления в этот период (см. рис. 21). Максимальные мощности локализуются вдоль западной границы объединенной съемки и отражают восточную границу дельты Палеоамура. Активный привнос осадков, привел к интенсивной компенсации палеоструктурного плана.

Кровля позднемиоценовых отложений (нижненутовский подгоризонт; ОГ 4) существенно выположена. Аяшско-Дагинское и Пильтунское поднятия объединяются в единую приподнятую зону, вытянутую параллельно Одоптинско-Шмидтовской группе структур. Происходит компенсация Шивчибинской структуры. Баутинская структура, ранее выделявшаяся как самостоятельный купол, осложняющий южное переклиналиное окончание Восточно-Одоптинской приподнятой зоны, теряет свое самостоятельное значение.

В это время происходит почти полное захоронение древней системы разрывных нарушений и формирование новой, приуроченной к плиоцен-четвертичному этапу тектонической активности (см. рис. 20). На карте поверхности позднего миоцена (нижненутовский подгоризонт; ОГ 4) хорошо видны присдвиговые сколы Риделя, представляющие собой проявление глубинной сдвиговой активности в разрезе осадочного чехла. [76]. Они сгруппированы на локальных участках объединенной съемки, что не типично для такого рода разрывных нарушений. Как правило, сколы Риделя, как и сдвиговые дислокации, имеют значительную протяженность.

Спорадический характер присдвиговых разрывных нарушений на карте поверхности позднемиоценовых отложений (нижненутовский подгоризонт; ОГ 4) может быть связан с высокими темпами накопления осадков. Из-за чего присдвиговые нарушения сформировались на участках максимальной сдвиговой активности, или в зонах, где темп осадконакопления был относительно небольшим. То есть, нельзя исключать более широкий, чем считается на сегодняшний день, масштаб сдвиговой тектонической активности в пределах изучаемой площади.

Плиоцен-Четвертичный этап

Плиоцен-плейстоценовый этап (5–0 млн лет) характеризуется интенсификацией плюмовой дегазации недр, вызвавшей активизацию тектонических процессов. Этап начался с максимального затопления морских акваторий, синхронного с раннеплиоценовым повышением уровня океана (5–3,58 млн лет), и накопления сравнительно глубоководной трансгрессивной толщи верхненутовских (до 1500 м) преимущественно глинистых образований. В позднем плиоцене активизация тектонических процессов вызвала усиление

транспрессионной активности с формированием контрастных складчато-сдвиговых форм шовных зон о-ва Сахалин, п-ова Камчатка и Северного Приохотья [62].

Интенсивная тектоническая активность в плиоценовое время оказала существенное влияние на строение изучаемой площади. Происходит очередной цикл активации Восточно-Сахалинского сдвига и приуроченного к нему интенсивного воздымания Одоптинско-Шмидтовской ПЗ. Её наиболее приподнятые участки вновь выступают в качестве локальных источников сноса обломочного материала. Это хорошо видно по характеру изменения толщин в интервале нижнего плиоцена (верхненутовский подгоризонт). Максимальные мощности которого сосредоточены в непосредственной близости от эрозионных выступов и сокращаются при удалении от него (см. рис. 21). Сформированный на протяжении в нижнеплиоценовое время структурный план (ОГ 2) в целом повторяет поверхность нижезалегающего горизонта (см. рис. 20). Незначительные отличия касаются особенностей строения северной части изучаемого участка (Восточно-Одоптинской приподнятой зоны), где заметно более интенсивное выполаживание за счёт большего объёма накопленных здесь осадков.

Стоит отметить, что активность Восточно-Сахалинского сдвига в плиоцен-плейстоценовое время играла не только структуроформирующую роль, но и повлияла на перспективы его нефтегазоносности. Такой вывод сделан на основе анализа динамических атрибутов в пределах Аяшской структуры и результатов бурения на ней. В пределах этого участка выделяется достаточно устойчивая AVO аномалия (рис. 23). Её конфигурация совпадает с контуром Аяшской структуры, что позволило обосновать наличие газовой залежи при подготовке этой структуры к бурению [91].

Бурение показало отсутствие крупных газовых залежей в пределах Аяшской структуры (месторождение Нептун). Её продуктивность связана преимущественно с нефтяными залежами нутовского горизонта (верхний миоцен, нижний плиоцен). Проведенный анализ показал, что наиболее вероятной природой вышеупомянутой AVO аномалии является высокая остаточная газонасыщенность. То есть, сейсмические данные отразили конфигурацию газовой палеозалежи. Наличие крупного действующего сдвига вблизи Аяшского поднятия стало наиболее вероятной причиной частичного разрушения целостности покрышки, достаточной для дегазации залежи, но позволившей сохраниться скоплениям нефти. Эту модель косвенно подтверждает наличие крупных «газовых труб» - вертикальных зон неинформативной записи в сейсмическом волновое поле, связанных с «рассеиванием» сейсмического импульса из-за скоплений газа в верхней части разреза (рис. 24).

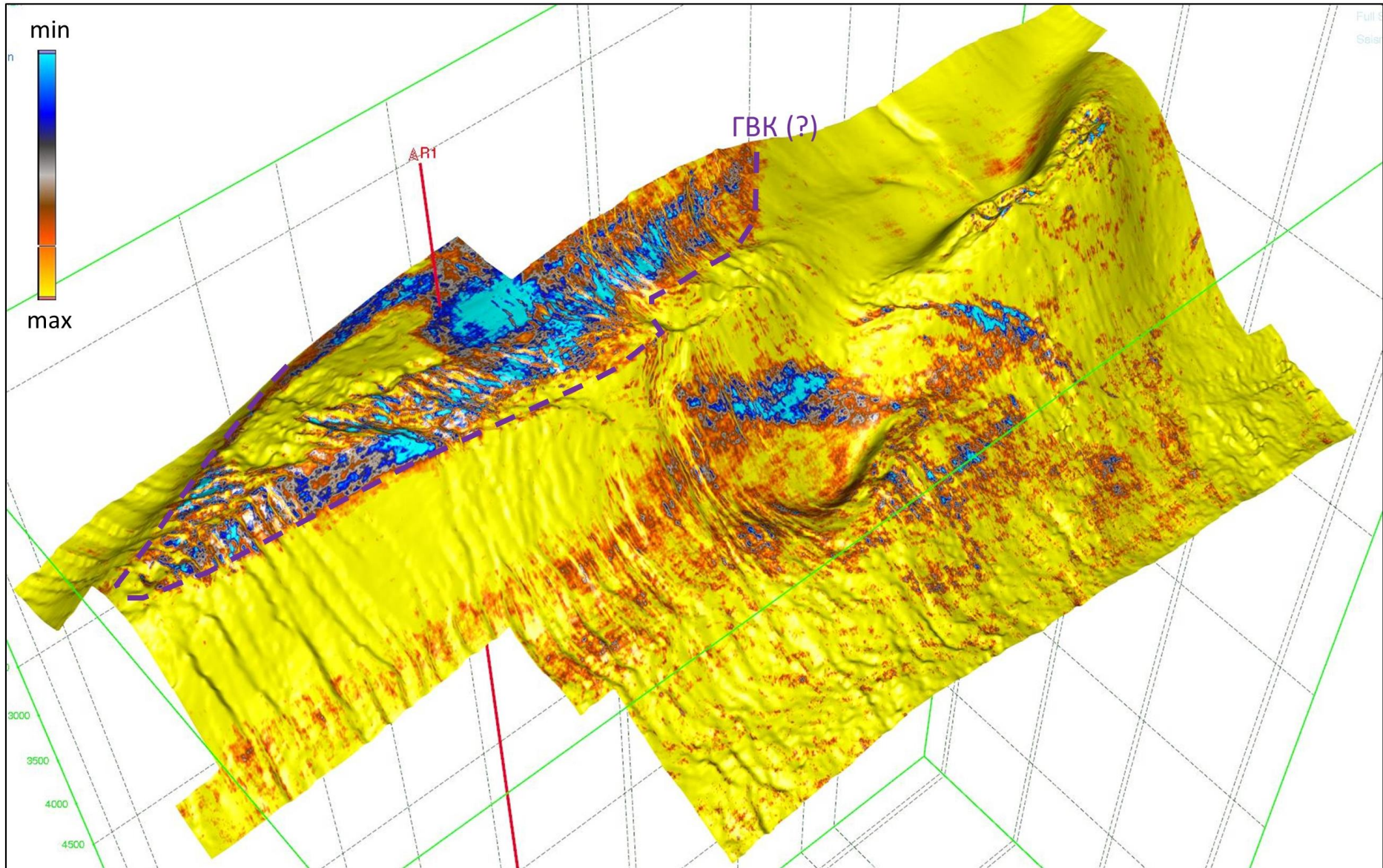
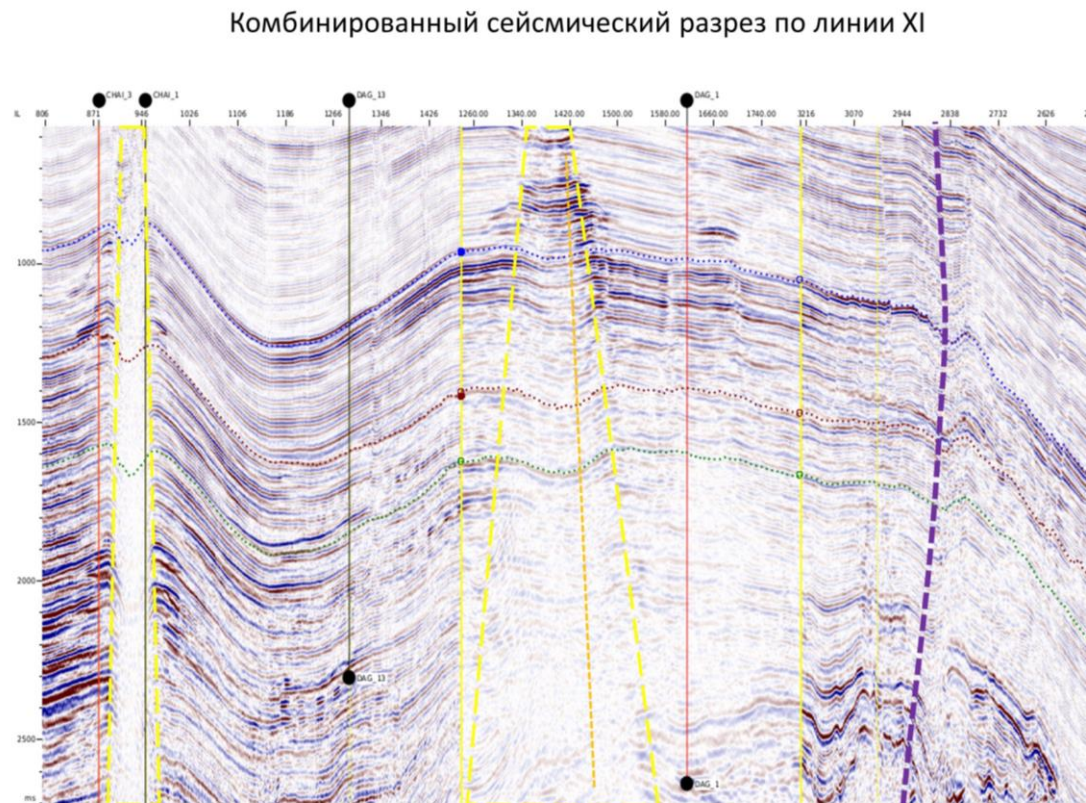


Рис. 23. Трехмерная визуализация распределения среднего значения λ_r Reflectivity на структурной поверхности нижнего плиоцена (верхненутовский горизонт; ОГ 2) – Аяшский блок



- участки искаженного сейсмического волнового поля связанные с участками скопления газа в верхней части разрез (газовые «трубы»)

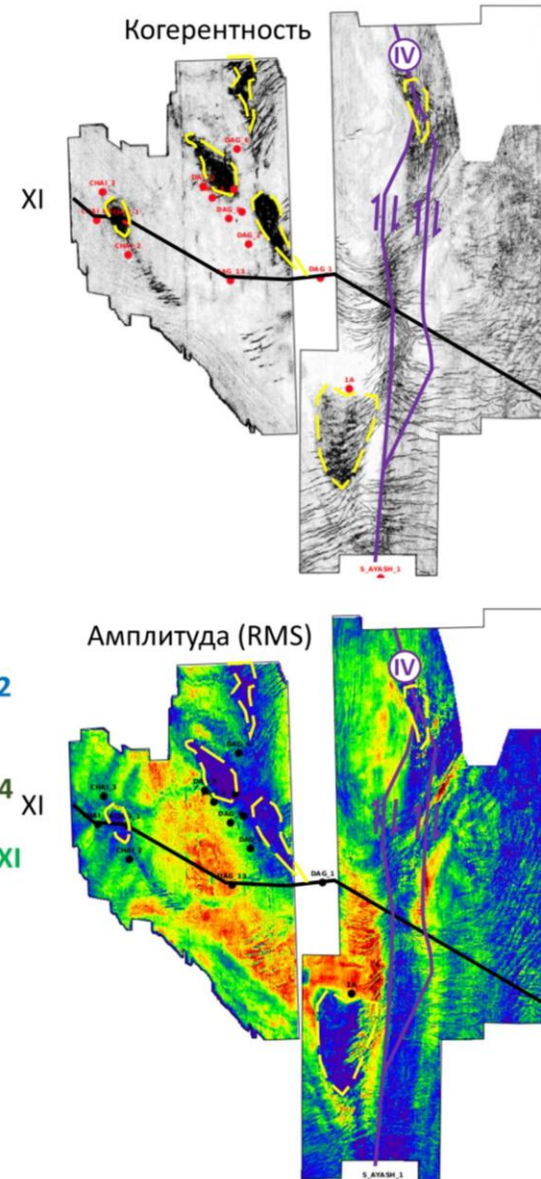


Рис. 24. Сейсмический разрез XI - анализ динамических аномалий в интервале нижнего плиоцена (верхненутовский горизонта; ОГ 2) на участке Аяшского, Аркутун-Дагинского и Чайвинского участков

3.3. Зональные тенденции

Представленные выше результаты детального анализа, проведенного на локальных участках северо-восточного шельфа острова Сахалин, позволили выявить ряд закономерностей, требующих дальнейшего исследования и обобщения с целью построения зональной модели структурно-тектонической эволюции исследуемой площади (рис. 25-28). Проведенные исследования позволили предложить следующую возможную модель развития этого района:

Палеоген

Несмотря на то, что на протяжении рассматриваемого периода отмечается влияние четырех этапов кайнозойского развития Сахалинского региона (палеоценовый; ранне-среднеэоценовый; средне-позднеэоценовый; позднеолигоценый), на северо-восточном шельфе острова Сахалин отмечается локальная тектоническая активность. В основном она проявилась в северной части изучаемого района (Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки) и приурочена к деятельности Восточно-Сахалинского сдвига. Вблизи него отмечаются локальные участки увеличенных толщин палеогена, маркирующие сдвиговую активность. Наиболее выраженные из них располагаются в районе Аяшско-Дагинской приподнятой зоны, восточный блок которой смещен на 13 км к югу (см. рис. 25).

В целом же, мощности палеогена достаточно хорошо выдержаны по всей площади Аяшского и Восточно-Одоптинского блоков (см. рис. 27). Зональные тенденции изменения толщин указывают на отсутствие крупных структур (поднятий и прогибов) в палеорельефе палеогена. Лишь на сейсмическом разрезе IV можно отметить начало заложения Северо-Сахалинского прогиба (см. рис. 5, 6, 8).

Южная часть исследуемой площади характеризуется слабой структурной расчлененностью. На зональной карте толщин (ОГ Fa – ОГ 7) отчетливо локализуется Мынгинский блок, отделенный субширотным прогибом от обширной приподнятой зоны (Киринского мегаподнятия), которая занимает всю северную и северо-восточную часть Киринского блока (см. рис. 27). Современные Кириновая и Южно-Кириновая структуры не имели самостоятельного значения. В домиоценовое время они являлись частью Киринского мегаподнятия.

Таким образом, можно констатировать не такое масштабное, как считалось ранее, влияние палеогеновых фаз тектонической активности на формирование современного облика северо-восточного шельфа острова Сахалин. Изученные площадной сейсморазведкой участки располагались на близких палеогипсометрических уровнях, что указывает на более позднее (раннемиоценовое) время интенсивной структурной перестройки северо-восточной части Сахалинского шельфа. Тектоническая активность палеогена находит отражение в заложении Северо-Сахалинского прогиба, активации Восточно-Сахалинского сдвига и формировании самостоятельного Мынгинского приподнятого блока.

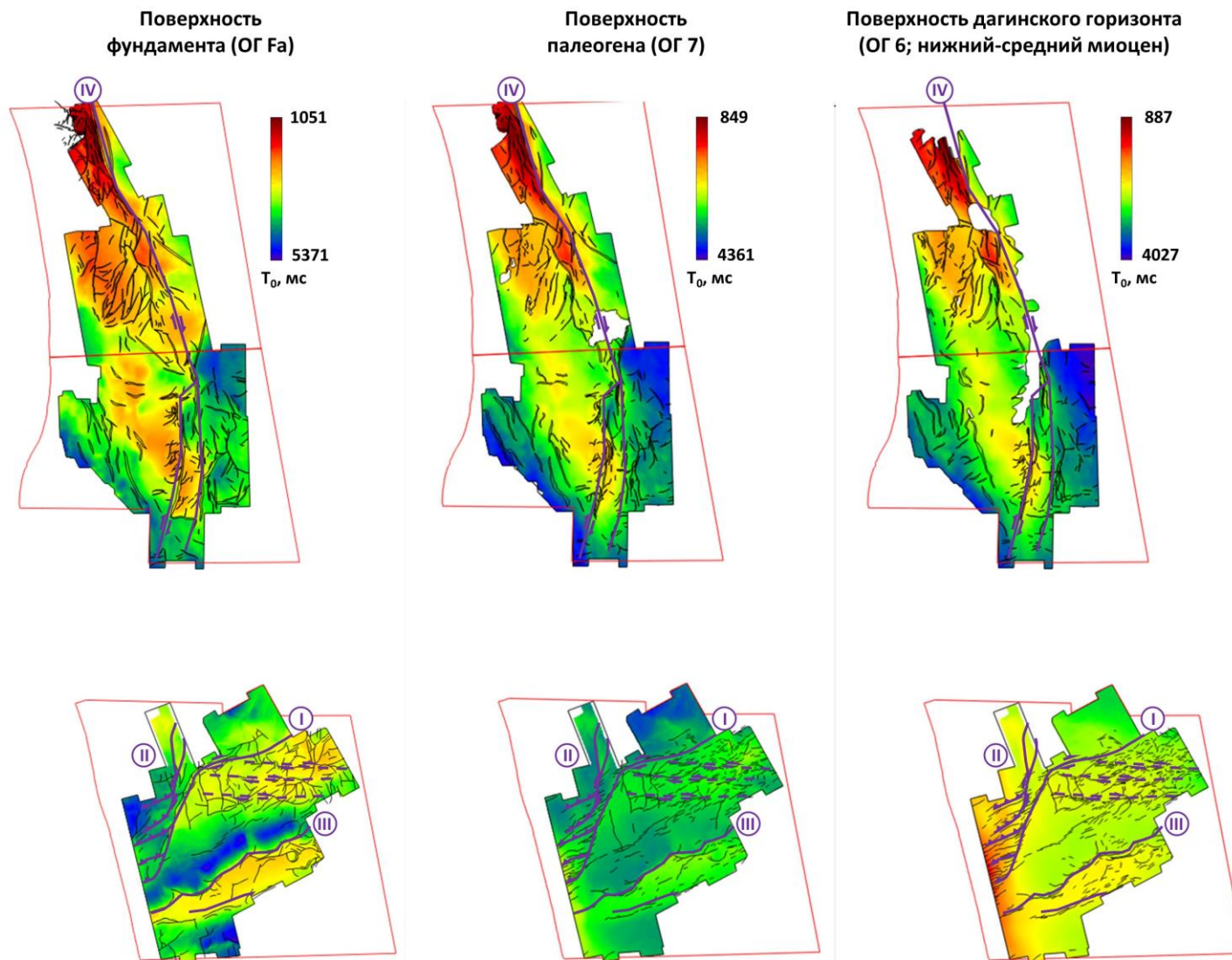


Рис. 25. Зональные карты изохрон по поверхности фундамента, палеогена, нижнего миоцена (дагинский горизонт)

Названия основных разрывных нарушений (римские цифры в кружках):

I – Прибрежный сдвиг, **II** - Киринский сдвиг, **III** – Совгаванский (Мынгинский) разлом; **IV** – Восточно-Сахалинский сдвиг

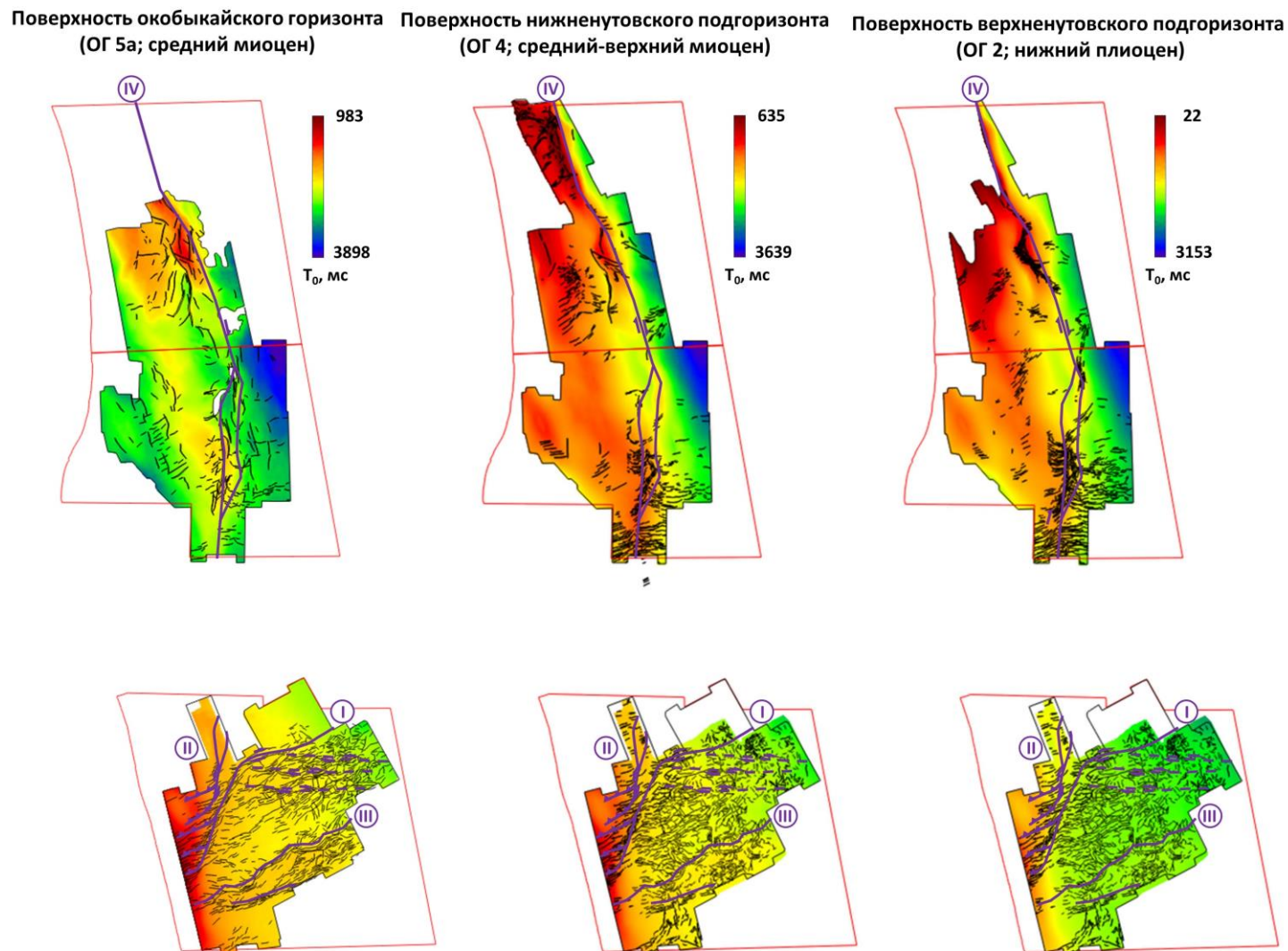


Рис. 26. Зональные карты изохрон по поверхности среднего миоцена (окобыкайский горизонт), верхнего миоцена (нижненутовский подгоризонт), нижнего плиоцена (верхненутовский подгоризонт)

Названия основных разрывных нарушений (римские цифры в кружках):

I – Прибрежный сдвиг, **II** - Киринский сдвиг, **III** – Совгаванский (Мынгинский) разлом; **IV** – Восточно-Сахалинский сдвиг

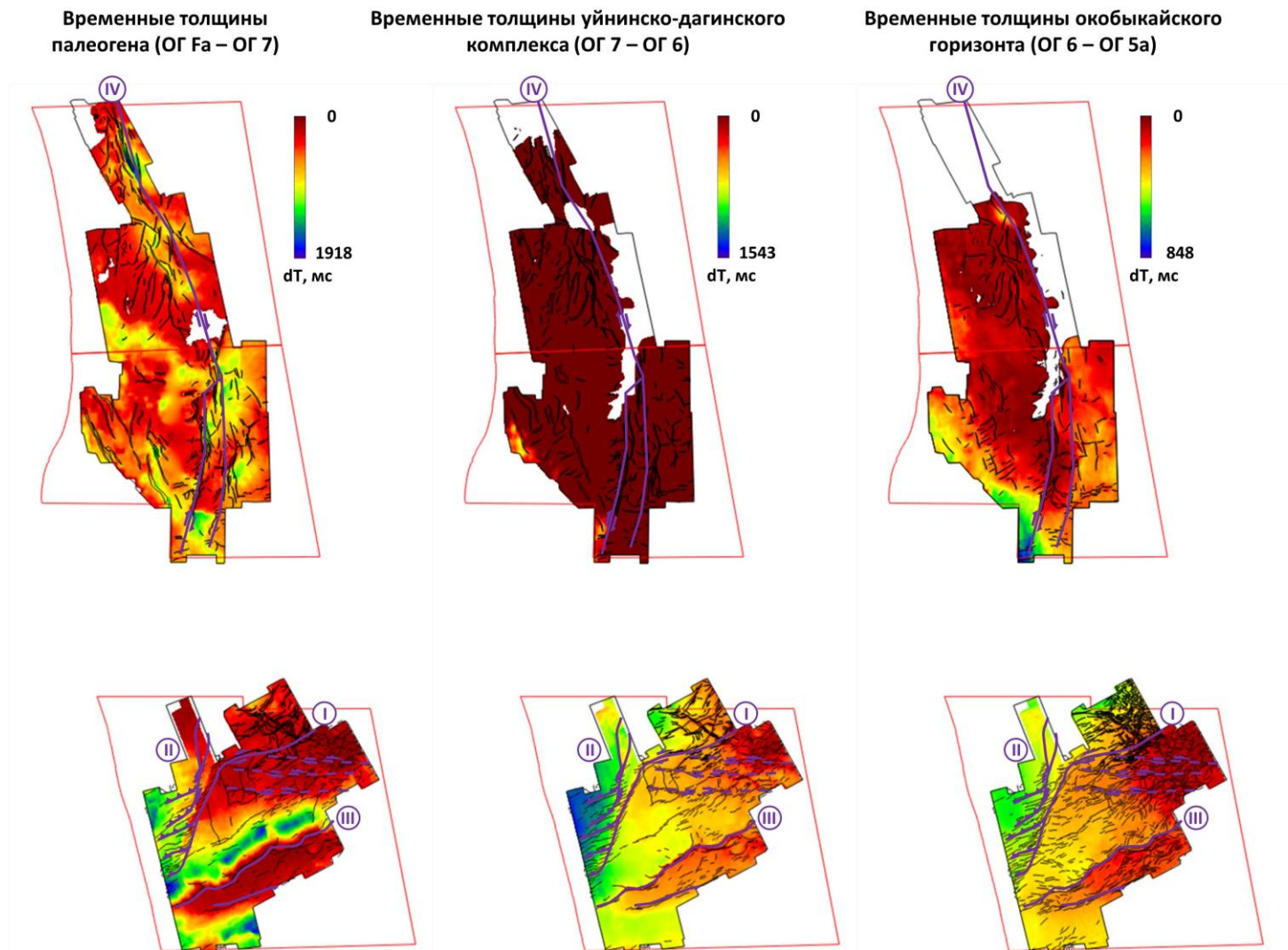
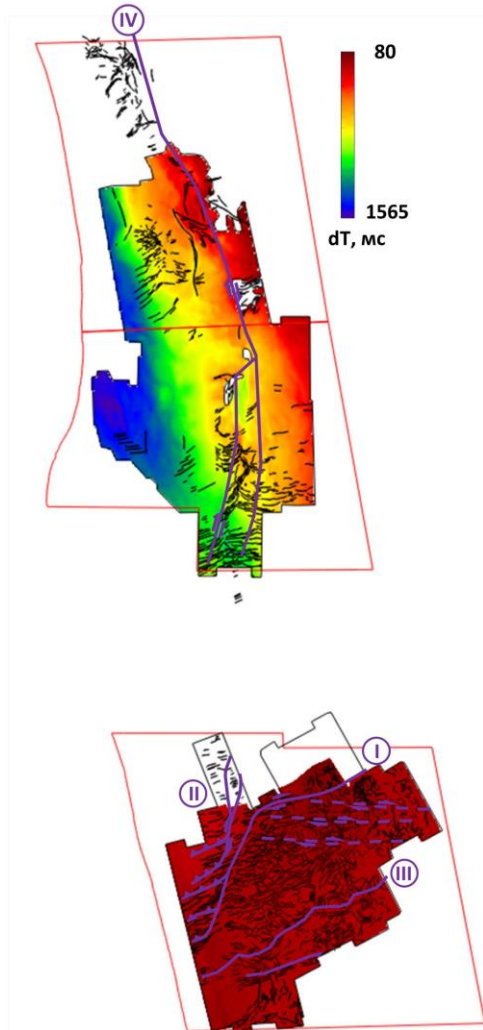


Рис. 27. Зональные карты временных толщин палеогенового, нижнемиоценового (уйнинский и дагинский горизонты) и среднемиоценового (окобыкайский горизонт) комплексов

Названия основных разрывных нарушений (римские цифры в кружках):

I – Прибрежный сдвиг, **II** - Киринский сдвиг, **III** – Совгаванский (Мынгинский) разлом; **IV** – Восточно-Сахалинский сдвиг

Временные толщины нижненутовского подгоризонта (ОГ 5а – ОГ 4)



Временные толщины верхненутовского подгоризонта (ОГ 4 – ОГ 2)

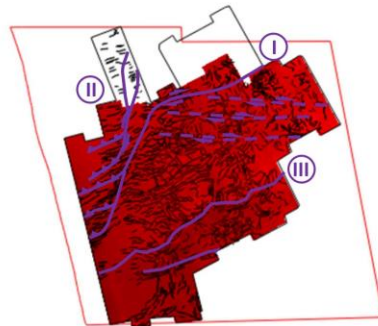
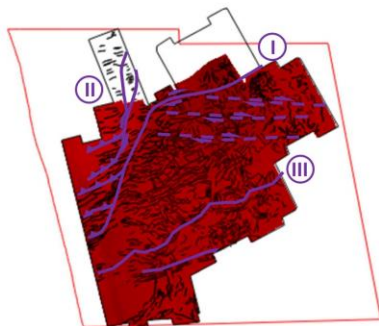
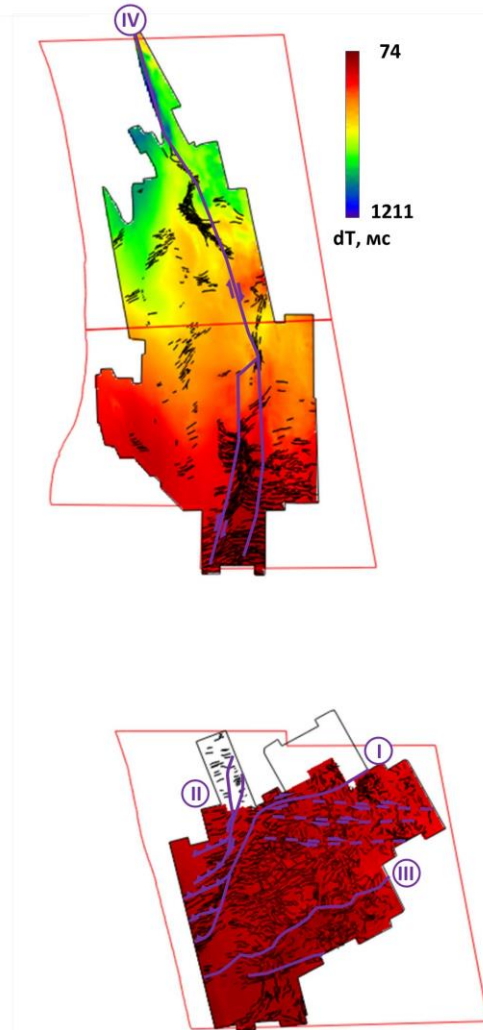


Рис. 28. Зональные карты временных толщин верхнемиоценового (нижненутовский подгоризонт) и нижнеплиоценового (верхненутовский подгоризонт) комплексов

Названия основных разрывных нарушений (римские цифры в кружках):

I – Прибрежный сдвиг, **II** - Киринский сдвиг, **III** – Совгаванский (Мынгинский) разлом; **IV** – Восточно-Сахалинский сдвиг

Ранне-среднемиоценовый этап

Раннемиоценовый этап (23,8–16,9 млн лет) начался с интенсивного растяжения литосферы и окончанием формирования крупнейшей депрессии Циркумсахалинской субпровинции с депоцентром в Дерюгинской глубокоководной котловине (см. рис. 5) [62]. Это привело к интенсивному структурно-тектоническому перестроению северо-восточной части Сахалинского шельфа. Наиболее яркие события этого процесса:

- резкое углубление морского дна на участках Венинского и Киринского блоков;
- интенсивное формирование Северо-Сахалинского прогиба и его депоцентров;
- активизация Прибрежного и Киринского сдвигов спровоцировала разрушение Киринского мегаподнятия и формирование Киринской и Южно-Киринской структур (см. рис. 27).

Учитывая важную структуроформирующую роль сдвиговых дислокаций в пределах изучаемой площади, была построена обобщенная структурная карта нижнемиоценового дагинского горизонта Киринского и Венинского блока. Она включает в себя все результаты площадных сейсморазведочных работ и позволила отметить близкую морфологическую характеристику структур, расположенных на западе этого участка: Венинское, Набильское (море), Лунское и Южно-Лунское локальные поднятия. Все они представляют собой вытянутые в субмеридиональном направлении линейные антиклинальные структуры, нарушенные серией разломов субширотного и/или северо-восточного простирания. Это позволяет предположить их схожий генезис и приуроченность к присдвиговым веерам сжатия (раздел 3.1). То есть, каждая из этих структур маркирует начало сдвиговой дислокации, что подразумевает более широкое развитие таких разрывных нарушений в северо-восточной части Сахалинского шельфа, чем считалось ранее (рис. 29).

Расширяя представленную гипотезу, можно отметить лучеобразную конфигурацию сдвигов. Они берут начало на стыке Пограничного блока Охотоморской плиты (Совгаванский/Мынгинский разлом) и Хоккайдо-Сахалинского сдвига, раскрываясь в восточном и северо-восточном направлениях (рис. 30). Их активизация на фоне растяжения литосферы и формирования расположенной восточнее изучаемой площади Дерюгинской котловины привела к разрушению Киринского мегаподнятия. Часть составляющих его блоков (Ногликский, Лопатинский, Дерюгинский, Норский, Ульвинский) сдвигаются далеко на восток. Судя по их современному положению, амплитуда сдвигов в это время могла достигать сотни и более километров.

Синхронно с разрушением Киринского мегаподнятия происходило погружение дна бассейна в районе Киринского блока и формирование крупного Северо-Сахалинского прогиба, депоцентр которого располагался в районе Чайвинско-Венинской синклинали. Эти процессы обеспечили накопление мощной толщи ниже-среднемиоценовых отложений в районе Венинского и Киринского блоков северо-восточного шельфа острова Сахалин, определив ареал нефтегазоносности Уйнинско-Дагинского комплекса в изучаемом районе.

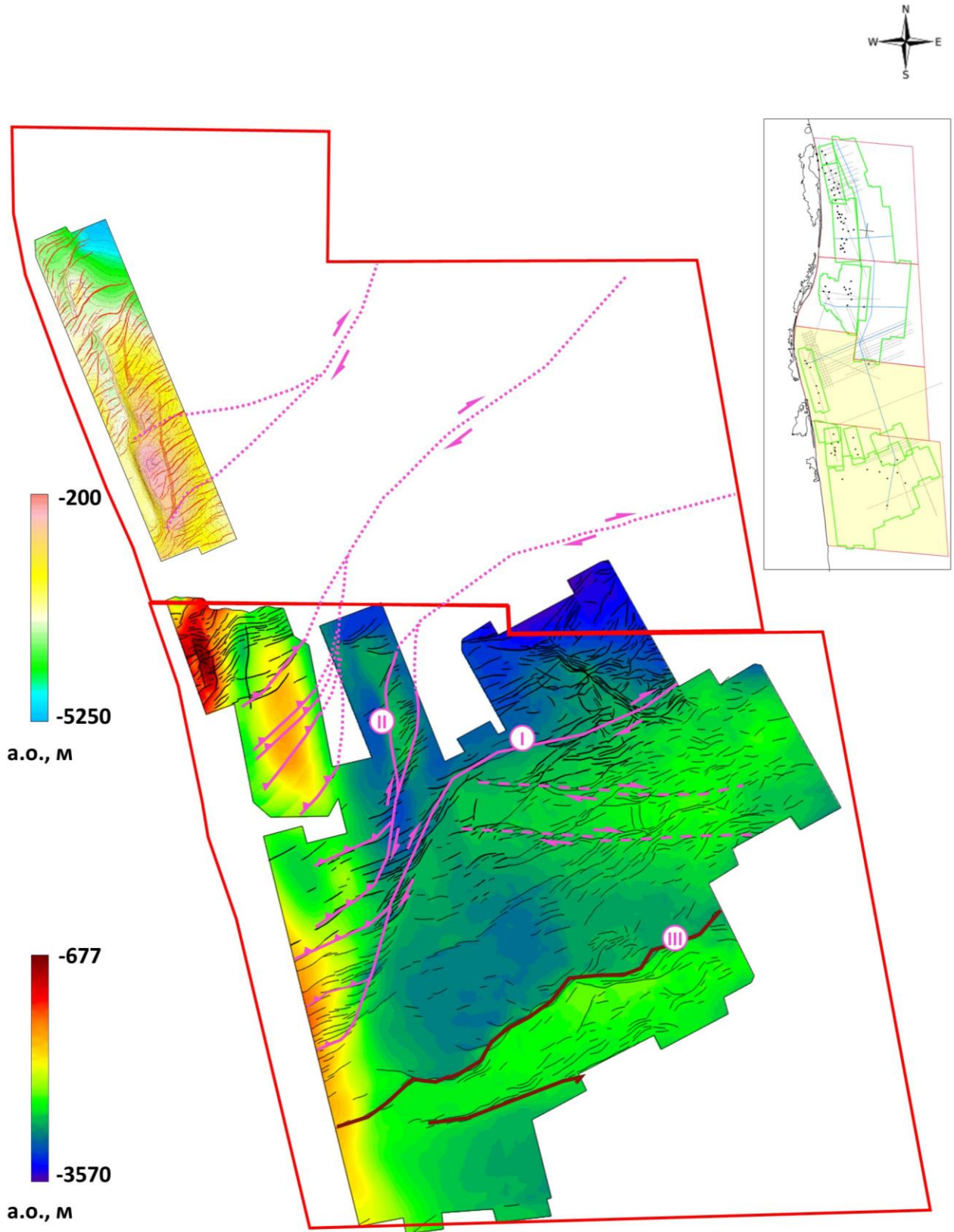


Рис. 29. Структурная карта поверхности нижнемиоценового дагинского горизонта (ОГ 6)

Названия основных разрывных нарушений (римские цифры в кружках):

I – Прибрежный сдвиг, II - Киринский сдвиг, III – Совгаванский (Мынгинский) разлом

Отдельного рассмотрения заслуживает Южно-Кириная структура, ведь исходя из представленной гипотезы и предполагаемой амплитуды сдвигов, она должна была тоже переместиться вглубь бассейна. По-видимому, данное поднятие сохранило свое местоположение благодаря взаимодействию Прибрежного сдвига и системы приуроченных к нему вторичных (антитетических) сдвигов с Совгаванским (Мынгинским) разломом. В результате на этом локальном участке была сформирована система интенсивного сжатия-растяжения, полюс вращения которой располагался на стыке Южно-Кириной структуры и Мынгинского прогиба (см. рис. 17). Эти процессы позволили обоим этим структурам сохранить свое изначальное местоположение и обеспечили их длительное конседиментационное развитие.

Средне-позднемиоценовый этап

Результаты диссертационных исследований фиксируют продолжение сдвиговой активности в рамках среднепозднемиоценового этапа тектонической активности (15,5–5 млн лет). На юге, в пределах Кириного блока, она выражена слабо и проявляется в конседиментационном развитии присдвиговых структур и формировании Южно-Лунского поднятия. В северной части изучаемого участка (Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки) происходит активизация Восточно-Сахалинского сдвига, который привел к интенсивному воздыманию Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны.

Рост Восточно-Одоптинской структуры сильно отразился на характере развития среднемиоценовых отложений (окобыкайский горизонт; ОГ 5а) в пределах изучаемой площади. Их мощность сильно сокращается с юга на север (см. рис. 8), вплоть до полного отсутствия среднемиоценовых отложений в районе Восточно-Одоптинской структуры, где происходит интенсивная денудация (см. рис. 26, 27). В этот период происходит частичное захоронение Чайвинско-Венинской синклинали, что выражается в сокращении перепадов мощности в пределах этого прогиба и одновременным увеличением области накопления относительно увеличенных толщин окобыкайского горизонта.

Позднемиоценовый подэтап (11,7–5 млн лет) характеризуется слабой тектонической активностью в пределах изучаемой площади, что говорит о завершении формирования Циркумсахалинской депрессии, определявшей трансензионный режим и высокую амплитуду сдвигов субширотного и северо-восточного направления в раннемиоценовое время [20].

Резкое снижение уровня океана привело к быстрой проградации дельты Палеоамура, обеспечившей основной привнос обломочного материала на север Сахалина (см. рис. 3, 4). Максимальные мощности позднего миоцена (нижненутовский подгоризонт) локализируются к западу от Восточно-Одоптинской структуры и отражают положение восточной границы

дельты Палеоаура. Активный привнос осадков привел к интенсивной компенсации палеоструктурного плана в этой части бассейна.

В южной части изучаемой площади, преобладают минимальные толщины (см. рис. 28) позднемиоценовых отложений. С учетом удаленности от основного источника сноса это говорит о преобладании здесь глинистых отложений.

Плиоцен-Четвертичный этап

Плиоцен-плейстоценовый этап (5–0 млн лет) характеризуется высокой активностью Восточно-Сахалинского сдвига и резким повышением уровня океана (5–3,58 млн лет).

Несмотря на трансгрессию моря, интенсивный рост Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны вывел её наиболее приподнятые участки выше базиса эрозии. Эти выступы послужили основным источником сноса обломочного материала. Это хорошо видно по характеру изменения толщин в интервале нижнего плиоцена (верхненутовский подгоризонт). Максимальные мощности которого сосредоточены в непосредственной близости от эрозионных выступов и сокращаются при удалении от него (см. рис. 28).

В южной части исследуемой площади, фиксируется окончательное прекращение тектонической активности. Это приводит к интенсивному захоронению расположенных в этой части акватории поднятий. По поверхности нижнего плиоцена (верхненутовский подгоризонт; ОГ 2) закартирована полигональная разломная сеть (см. рис. 27, 28), связанная, по-видимому, с постседиментационным оседанием преимущественно глинистых отложений средне-позднемиоценового и раннеплиоценового возраста.

Таким образом, выполненные изыскания позволили уточнить представление об особенностях строения изучаемой площади и сформулировать следующие защищаемые положения настоящей диссертационной работы:

- Сдвиговые дислокации оказали существенное влияние на развитие северо-восточной части Сахалинского шельфа, определив его структурно-тектоническую эволюцию, особенности накопления и распределения миоцен-плиоценовых отложений, миграцию УВ;

- Шмидтовская, Северо-Одоптинская, Восточно-Одоптинская и Баутинская структуры приурочены в Восточно-Сахалинскому сдвигу, что позволило объединить их в Одоптинско-Шмидтовскую приподнятую зону.

Тектоническая активность в основном проявлялась активизацией горизонтальных сдвигов, сложное взаимодействие которых определило длительное конседиментационное развитие, а в ряде случаев и формирование структур. Разломная тектоника играет второстепенную роль и представлена в основном присдвиговыми сколами и полигональной сетью разломов, приуроченной к постседиментационному оседанию пород.

Глубинные сдвиги не только оказали существенное влияние на структурно-тектоническую эволюцию северо-восточного Сахалина и прилегающего шельфа, но и определили его высокий углеводородный потенциал. Они выступили в качестве ключевого элемента флюидодинамической системы, обеспечив эффективную вертикальную миграцию нефти и газа. Диссертационные исследования показали устойчивую связь между развитием сдвиговых дислокаций и скоплениями газа, которые отображаются в сейсмическом волновом поле яркими амплитудными аномалиями и участками «газовых труб». Этот вывод подтверждают результаты изысканий В.В. Харахинова, который отмечает важнейшую роль сдвигов на нефтегазоносность изучаемого района [62, 63].

4. АКТУАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ СТРОЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ МИОЦЕНА И ПЛИОЦЕНА НА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОМ ШЕЛЬФЕ ОСТРОВА САХАЛИН

Решение задачи по актуализации модели строения продуктивных пластов неогена на Северо-Восточном шельфе острова Сахалин базируется на результатах принципиальной сейсмогеологической увязки сейсмических и скважинных данных (раздел 2.2). Благодаря этому, удалось не только детально разобрать особенности строения известных нефтегазоносных комплексов на тех участках, где их продуктивность доказана, но и изучить их строение за пределами традиционных ареалов продуктивности.

Анализируя особенности сейсмического волнового поля, можно отметить значительное изменение толщин осадочного чехла. Осадки палеогена и нижнего, среднего миоцена, по-видимому, представляют собой компенсационную толщу. На рисунке 8 видно, что мощности донатовской части осадочного чехла контролируются палеоструктурным планом. Максимальные значения толщин фиксируются в районе Чайвинской синклинали, минимальные – вблизи сводовой части Восточно-Одоптинской антиклинальной зоны.

Толщины ниже- и верхненутовского горизонтов этой закономерности не подчиняются. Максимальные мощности нижненутовского времени фиксируются в районе Аяшской структуры, на стыке южного окончания Одоптинской антиклинальной зоны и Чайвинской синклинали. Толщина осадков верхненутовского возраста постепенно увеличивается с юга на север, достигая максимума вблизи свода Восточно-Одоптинской антиклинальной зоны.

4.1. Нижний миоцен (дагинский горизонт)

На сегодняшний день промышленная нефтегазоносность в пределах Киринского блока установлена в отложениях дагинского горизонта. Образующую роль в формировании этих отложений сыграли крупные дельтовые системы, контролировавшие привнос и распределение песчаных осадков. В них отчетливо различается дельтовая платформа, фронт дельты и продельта, в сторону бассейна переходящая в незатронутую дельтовыми процессами часть шельфа. Однонаправленность седиментационных потоков обеспечила ярко выраженную литологическую асимметрию. Особенно ярко это видно в восточной части Киринского блока, где отмечается интенсивная глинизация изучаемой толщи.

Изучение закономерностей фациальной изменчивости и выделение границы замещения коллекторов дагинского горизонта имеет высокую практическую ценность, позволяя снизить риски нефтегазопоисковых исследований и обеспечить более эффективную разработку

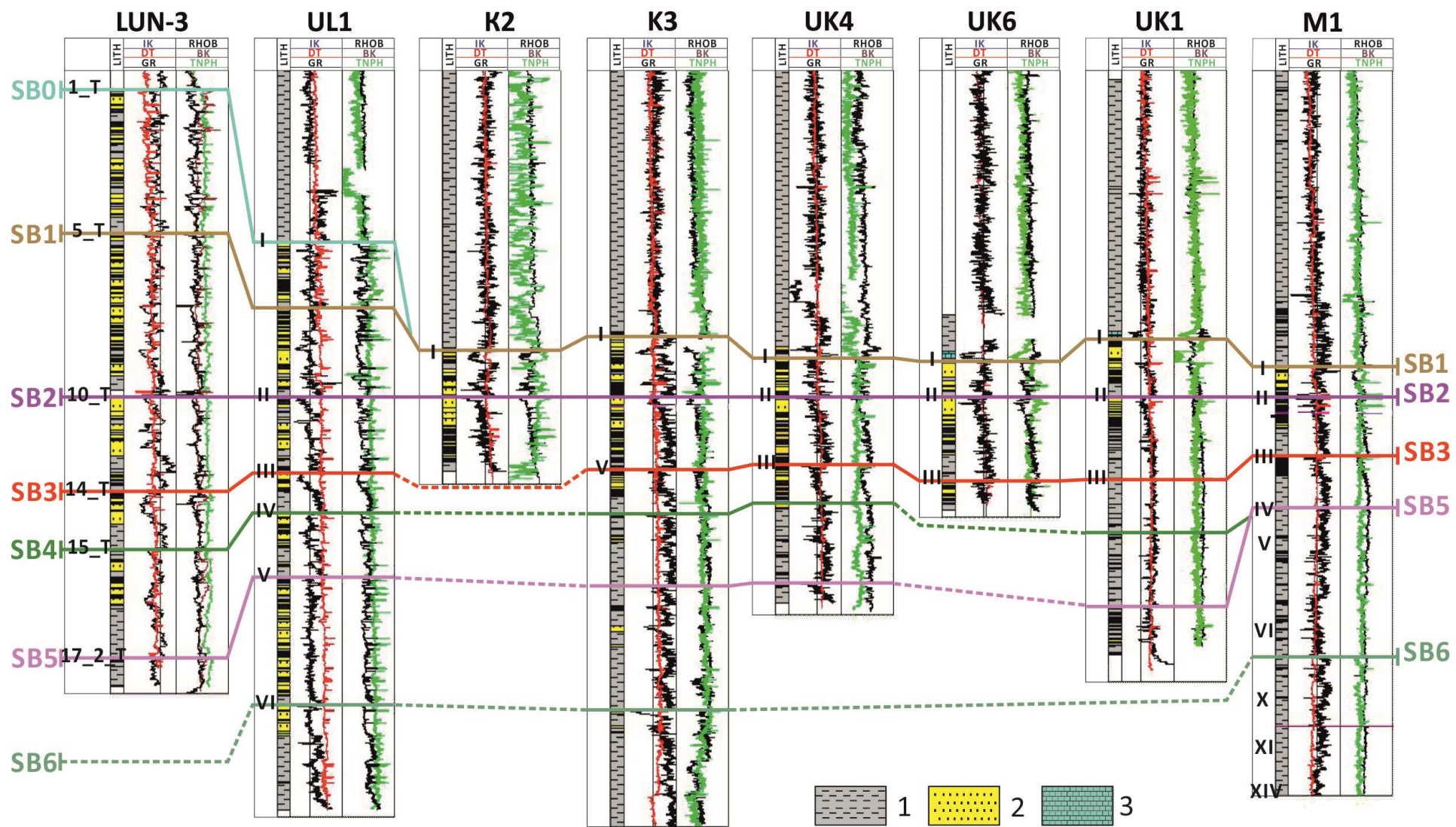
месторождений. Решение поставленных задач обеспечила хорошая освещенность изучаемого участка сейсмическими и геолого-геофизическими данными, высокое качество камеральной интерпретации и комплексного анализа, выполненных коллективом авторов ООО «Газпром геологоразведка», ООО «ПетроТрейс» и ООО «Газпром ВНИИГАЗ» [79, 80, 81, 83, 84, 87, 88, 93, 94, 95, 96, 97, 98], а также применение современных методических приемов объектно-ориентированного сейсмогеологического анализа [39, 40].

Литолого-фациальные и седиментологические исследования кернa выполнены на основе скважин Лунского, Южно-Лунского, Киринского, Южно-Киринского, Мынгинского месторождений и Восточной площади, что позволило подробно изучить фациальную характеристику верхнедагиснских отложений (рис. 31).

Отложения средне- и верхнедагинской подсвет представляют собой мощный ритмично построенный комплекс. В разрезах наиболее крупных циклов выделяются: отложения трансгрессивной фазы (алевро-песчаные породы), фазы выдвигания и роста (песчаники массивные однородные), фазы агградации (песчаники крупнозернистые биотурбированные) с характерными текстурно-структурными особенностями. Отложения фазы агградации соответствуют началу трансгрессивной последовательности. В ряде крупных циклов выделяются базальные отложения, которые представлены конгломератами и гравелитами и интенсивно биотурбированными песчаниками. Для этой ассоциации характерны: наличие поверхностей размыва и базального горизонта конгломератов в основании и резкое увеличение глинистости песчаных пород вверх по разрезу. Эти зоны разреза выделяются по данным ГИС как участки улучшенных коллекторских свойств.

Ритмичное строение разреза сохраняется на всей площади перспективного участка. В циклах, образующих пласты нижней части разреза дагинской свиты наблюдается закономерное увеличение песчаности вверх по разрезу, и плавное изменение гранулометрического состава, что указывает на относительное преобладание процесса прогибания дна над скоростью привноса осадочного материала. С другой стороны, плавность изменения гранулометрического состава и большие мощности интервалов указывают на практически компенсированный характер этих процессов.

Для верхней части разреза (циклиты SB1, SB0) характерно присутствие ритмов с обратной закономерностью – нижние части пластов характеризуются большим содержанием песчаного материала и имеют улучшенные коллекторские свойства. Песчаность этих пластов уменьшается вверх по разрезу. Для этого интервала характерно развитие базальных трансгрессивных пачек, которые приурочены к верхней части отдельных ритмов, а также присутствие поверхностей размыва, сопровождаемые интервалами субконтинентальных отложений с большим количеством крупнообломочного материала и в том числе, обломков



1 – глинистые отложения, 2 - песчаники, 3 – карбонатные отложения

Рис. 32. Межскважинная корреляционная схема седиментационных циклитов по опорным скважинам Кириного блока

терригенных пород. Этот факт, а также отсутствие в верхней части разреза некоторых циклов, дает возможность предположить, что часть отложений уничтожена эрозией в пределах палеоподнятий и, возможно, переотложена в локальных впадинах. Эти процессы могли способствовать формированию более мощных песчаных пластов.

Представленная характеристика указывает на постепенную смену режима осадконакопления с регрессивного на трансгрессивный, произошедшую на завершающем этапе формирования дагинского горизонта. Это хорошо видно по изменению формы каротажных диаграмм, записанных в скважинах и закономерности изменчивости фильтрационно-емкостных свойств в разрезе. Такая характеристика геофизических и керновых материалов хорошо гармонирует с результатами региональных исследований [60]. Выявленные тенденции позволяют констатировать развитие в пределах Киринского блока трех фациальных зон позднедагинского времени, сменяющих друг друга с запада на восток:

Сублитораль – занимает крайнюю восточную часть изучаемой площади. Здесь происходило накопление преимущественно глинистых осадков внешнего шельфа. Однако необходимо отметить, что разрез дагинских отложений, особенно вблизи линии литологического замещения песчаников сохраняет уверенную корреляцию геологических границ и закономерностей внутреннего строения. В разрезе также сохраняются породы-коллекторы в ограниченном количестве.

Фактические данные свидетельствуют о возрастающей роли тектонической активности во время формирования верхней части разреза дагинской свиты (циклиты SB1, SB0). Тектонические процессы локально нарушили седиментационную структуру разреза и конфигурацию всей дельтовой системы в плане. Так в западной части площади в описываемое время интенсивно развивается зона линейного прогиба с конседиментационным заполнением осадками, поступающими с материка. В восточной части Южно-Киринской площади и на Мынгинском участке начинают формироваться поднятия. Мынгинское поднятие развивается относительно более интенсивно вплоть до вывода осадков на дневную поверхность и формирования локальной области эрозии в купольной части структуры и зоны переотложения размытого материала в южном направлении. Анализ палеореконструкций (рис. 33) наглядно показывает ступенчатое сокращение мощности, начиная с интервала пластов DgV-DgVI (SB5-SB6), достигающее максимального развития ко времени формирования пласта DgIII (SB3). В дальнейшем воздымание Мынгинского поднятия продолжается, сопровождаясь формированием впадины Пограничного прогиба к югу. Таким образом, на момент завершения агградационного цикла (SB1) осадочный бассейн оказывается разделен на две части субширотной зоной поднятий.

(Sequence Stratigraphy of Siliciclastic Systems, Abreu, Neal, Bohacs, Kalbas, 2010)

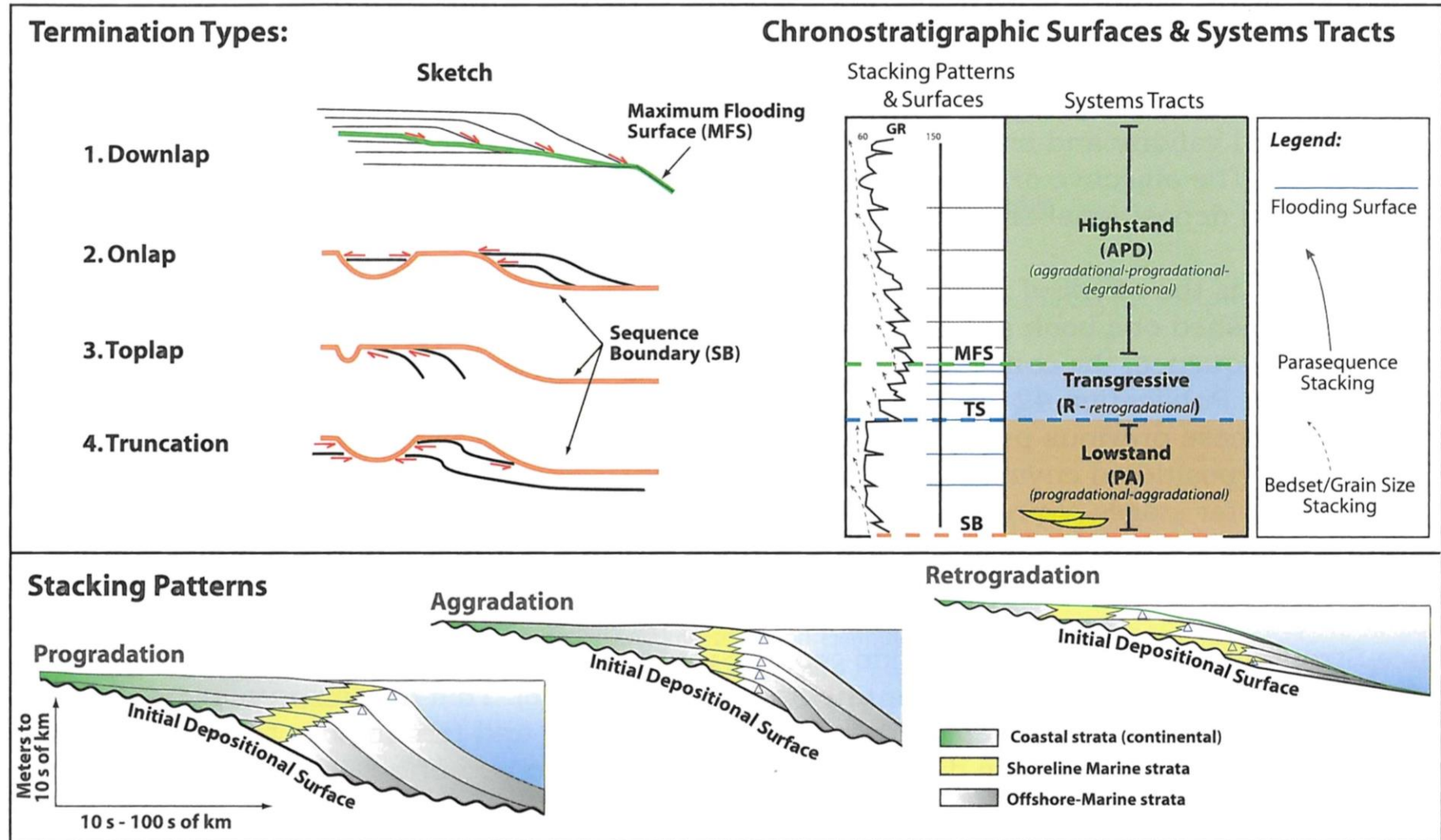


Рис. 34. Базовые концепции и принципы сиквенс-стратиграфии

Сиквенс-стратиграфический анализ

Создание единой модели расчленения целевого интервала дагинского горизонта позволило проанализировать особенности строения дагинских отложений на Киринском блоке на основе принципов сиквенс-стратиграфического анализа (рис. 34) [74, 77]. Для этих целей были использованы 11 скважин. Некоторое из них показаны на корреляционной схеме седиментационных циклитов (см. рис. 32).

Отложения дагинского горизонта на исследуемой площади можно разделить на две пачки, разделенные поверхностью SB2. Нижняя - включает в себя седиментационные циклы SB6-SB2. Она представляет собой четкую проградационную последовательность напластованных по вертикали комплексов дельтовых осадков. Ниже представлена краткая характеристика каждого из них:

SB6 – полностью вскрыт четырьмя скважинами и представляет собой ярко выраженный трансгрессивно-регрессивный седиментационный цикл. По данным ГИС, интервал представлен преимущественно глинистыми отложениями. Мощная (более 50 м) пачка песчаников вскрыты лишь скважиной Южно-Лунская 1 (UL1) вблизи поверхности сиквенса SB6 (см. рис. 32). Единичные пласты песчаников также выделяются в разрезе некоторых скважин Лунского месторождения.

SB5 – полностью вскрыт 6 скважинами. Данный интервал представляет собой трансгрессивный системный тракт, сложенный песчаными и глинистыми породами. Как и в интервале SB6 здесь отмечается тенденция к постепенной глинизации разреза с запада на восток. Наибольшая доля песчаников вскрыта скважинами, расположенным на западе участка.

SB4 – полностью вскрыт 8 скважинами. По данным ГИС хорошо видно, что интервал сложен серией проградационных парасиквенсов (см. рис. 32). Песчанистость интервала снижается с запада (Лунский, Южно-Лунский участки) на восток.

SB3 – полностью вскрыт 10 скважинами и представляет собой трансгрессивно-регрессивный цикл. Особенностью этого цикла является то, что значительный объем песчаных отложений выявлен во всех опорных скважинах, кроме скважины Южно-Кириная 1 (UK1).

SB2 – этот цикл, как и все вышележающие, полностью вскрыт всеми скважинами, отобранными для анализа. Он имеет ярко выраженную трансгрессивно-регрессивную характеристику по ГИС и, по-видимому, завершает проградационный этап осадконакопления. В данном интервале также наблюдается тенденция к глинизации с запада на восток, однако выдержанные пласты песчаников представлены повсеместно.

Завершение цикла SB2, отмечает резкое повышение относительного уровня моря, в результате чего регрессивный характер накопления осадков, преобладавший все дагинское

время, сменился на трансгрессивный. Это событие маркирует базальная трансгрессивная пачка.

SB1 – основной продуктивный интервал дагинского горизонта, сложенный преимущественно песчаниками с тонкими пропластками глин. Интервал характеризуется высокой латеральной выдержанностью и песчаностью почти по всей площади Киринского блока. Такое строение объясняется рядом факторов:

- агградационным (регрессивно-трансгрессивным) характером этого седиментационного цикла, что объясняет и частую смену положения относительного уровня моря, и большой объем обломочных осадков, накопившихся в это время.

- активизацией роста Южно-Киринского и Мынгинского поднятий в конце дагинского времени. То есть, поднятия выступили в роли седиментационной дамбы ограничившей поступление обломочного материала вглубь бассейна, что, по-видимому, тоже повлияло на высокую песчаность этого цикла. Пример такого комплекса выделен в нижней части цикла **SB1**, в районе скважины Южно-Киринская 1 (УК1) (рис. 35);

- в сводах Южно-Киринской и Мынгинской структур происходит локальная эрозия, сопровождавшаяся перераспределением продуктов денудации. Особенно ярко эти процессы отмечаются в районе Мынгинского поднятия. Снос обломочного материала здесь происходил преимущественно в южном направлении.

SB0 – этот ретроградационный цикл представлен только в скважинах Лунского и Южно-Лунского участков, на остальной площади он не развит. Результаты комплексного сейсмогеологического анализа позволяют довольно точно спрогнозировать границу его выклинивания. Данный интервал в пределах изучаемой площади характеризуется высоким коэффициентом песчаности.

С целью дальнейшего анализа фациальных обстановок, была выполнена «сшивка» структурных карт прошлых лет по поверхностям, ограничивающим средне- позднедагиский интервал разреза (ОГ 6а, б), а также построена карта поверхности седиментационного цикла **SB2**. Это позволило получить схемы толщин проградационного (ОГ 6а – **SB2**) и ретро-агградационного (**SB2** – ОГ 6) комплексов дагинского горизонта (рис. 36). Их изучение показывает, что проградационный комплекс достаточно равномерно развит в пределах Киринского блока. Небольшое увеличение толщин отмечается на периферии Южно-Киринского и вдоль южного крыла Мынгинского поднятий. Вероятно, эти участки маркируют области повышенной песчаности, сформированные на этапах роста этих структур. Максимальные мощности проградационного комплекса закартированы в северо-западной части исследуемого участка и отражают южное окончание крупного седиментационного депоцентра, приуроченного к Чайвинской синклинали зоне. Мощности ретро-агградационного комплекса выдержаны почти по всей площади

Киринского блока. Лишь на северо-западе отмечается резкое увеличение толщин, которое маркирует область развития циклита SB0.

Основным результатом проведенных исследований стало составление фациальных схем основных седиментационных циклов дагинского горизонта, к которым приурочены продуктивные и перспективные горизонты Дагинского нефтегазоносного района (рис. 37). На сегодняшний день эти схемы базируются на данных скважин и изучении серии сейсмических разрезов и требуют дальнейшего уточнения за счет корреляции поверхностей сиквенсов (см.табл. 2) по всем сейсмическим кубам Киринского блока. Расчет набора структурных карт, карты толщин и динамических атрибутов позволит существенно уточнить представление о строении дагинского горизонта на этом участке [66].

Совместное изучение данных сейсморазведки и скважин позволило надежно проследить границы секвенций по сейсмическим данными и определить хроностратиграфические границы по скважинам, в результате чего установлено несоответствие действующей индексации пластов дагинского горизонта скважин, расположенных на западе Киринского блока (Лунские, Южно-Лунская) в сравнении с той, что принята в центре и на востоке участка (Киринские, Южно-Киринские, Мынгинская). Составлена сводная таблица взаимной корреляции пластов дагинского горизонта на Киринском ЛУ. Её применение позволило повысить качество исследований по изучению строения резервуаров дагинского горизонта и проследить тенденции его латеральной изменчивости на изучаемом участке.

Изучение особенностей строения разреза позволило сделать вывод, что большую часть средне-позднедагинского времени осадконакопление несло регрессивный характер, что хорошо видно на фациальных схемах. В интервале SB6- SB2 происходит постепенное продвижение палеodelты вглубь бассейна, в результате чего отмечается постепенное опесчанивание разреза и расширение ареала накопления обломочных отложений снизу-вверх по разрезу. Формирование проградационного пакета парасиквенсов завершает резкое повышение относительного уровня моря, в результате чего регрессия, преобладавшая все дагинское время, сменяется трансгрессией. Анализ каротажных кривых и материалов керна указывает на агградационный характер седиментационного цикла SB1, что объясняет и частую смену положения относительного уровня моря, и большой объем обломочных осадков, накопившихся в это время. Завершает формирование дагинского горизонта ретроградационный цикл SB0. В пределах Киринского блока он имеет локальное развитие и представлен только в скважинах Лунского и Южно-Лунского участков и в районе перспективной структуры Набильская-море.

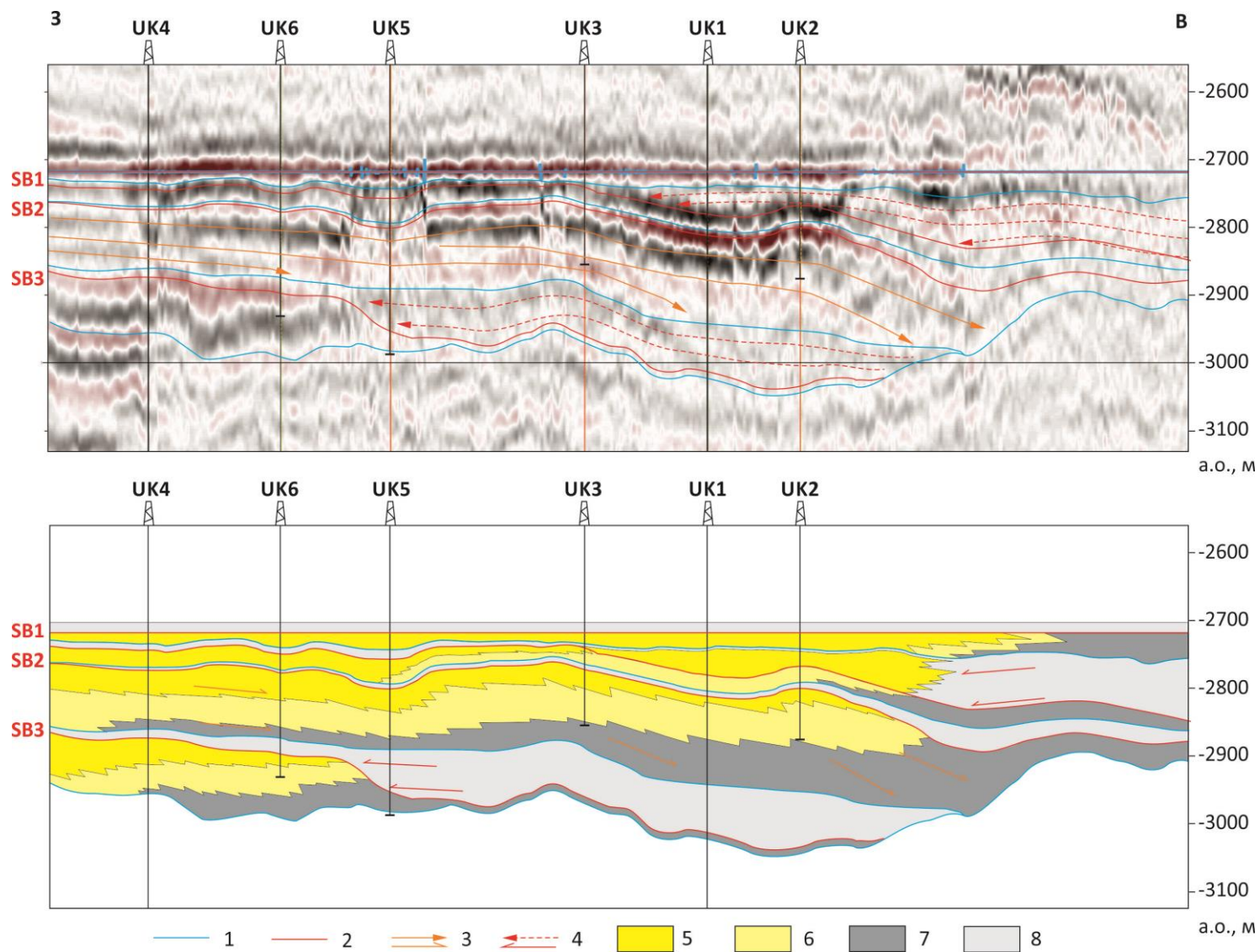


Рис. 35. Сиквенс-стратиграфическая схема позднеодагинских отложений в районе Южно-Кириинского поднятия

1 – Поверхности максимального затопления (MFS), 2 - Границы секвенций (SB), 3 – парасеквенции высокого уровня, 4 – направление накопления отложений низкого стояния моря, 5 - преимущественно песчаные отложения, 6 – песчано-глинистые отложения, 7 - Алевриты/глины высокого уровня моря, 8 - Алевриты/глины низкого уровня моря

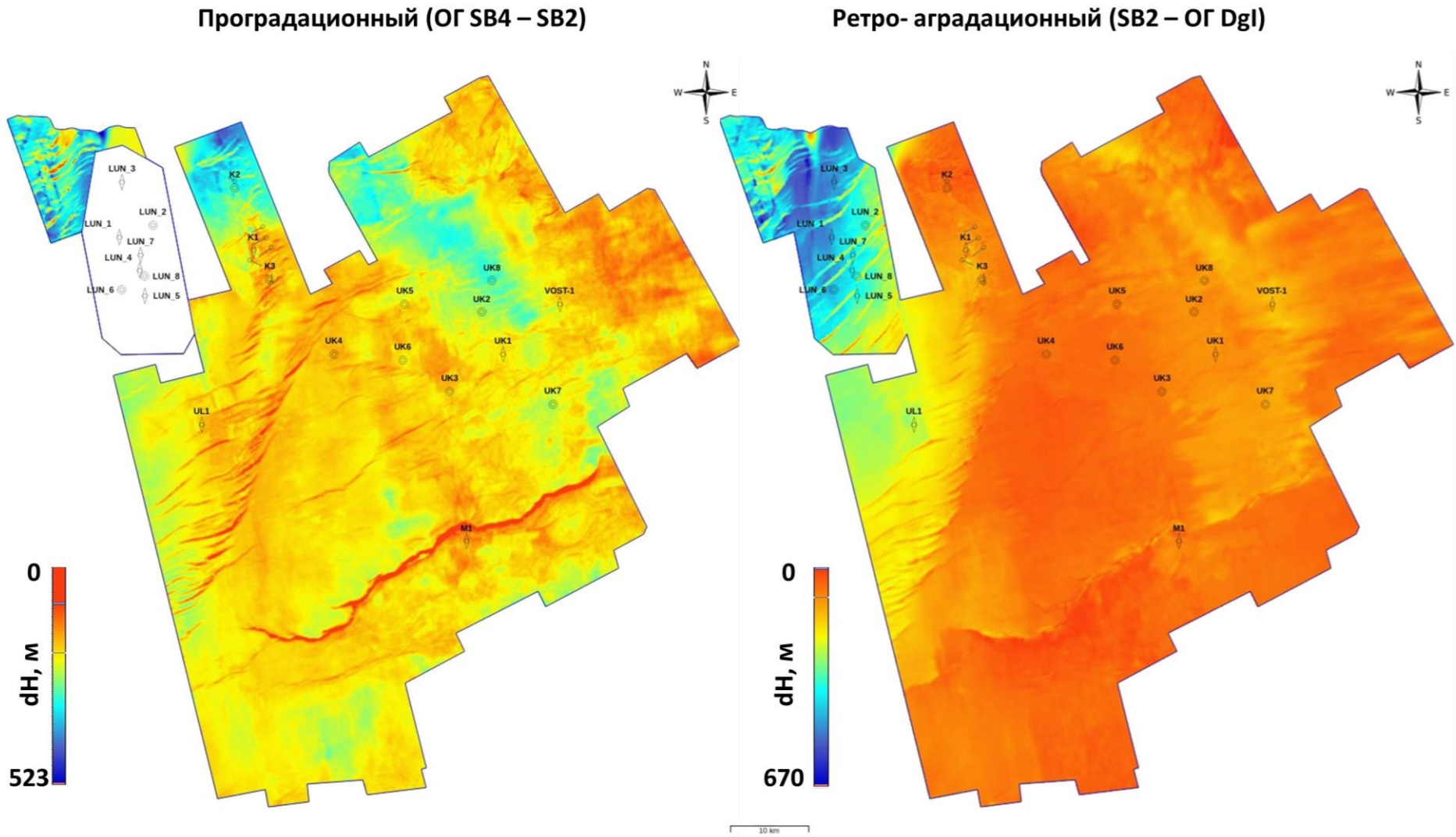


Рис. 36. Схемы толщин седиментационных комплексов дагинского горизонта

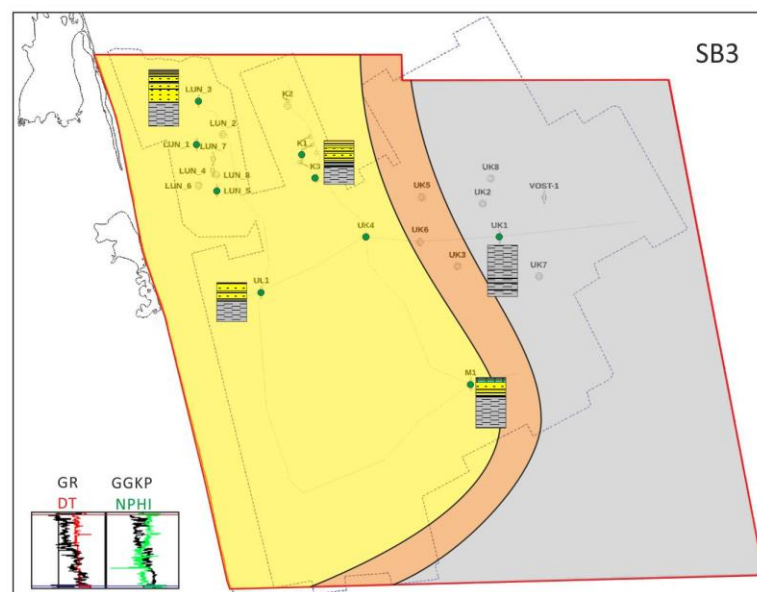
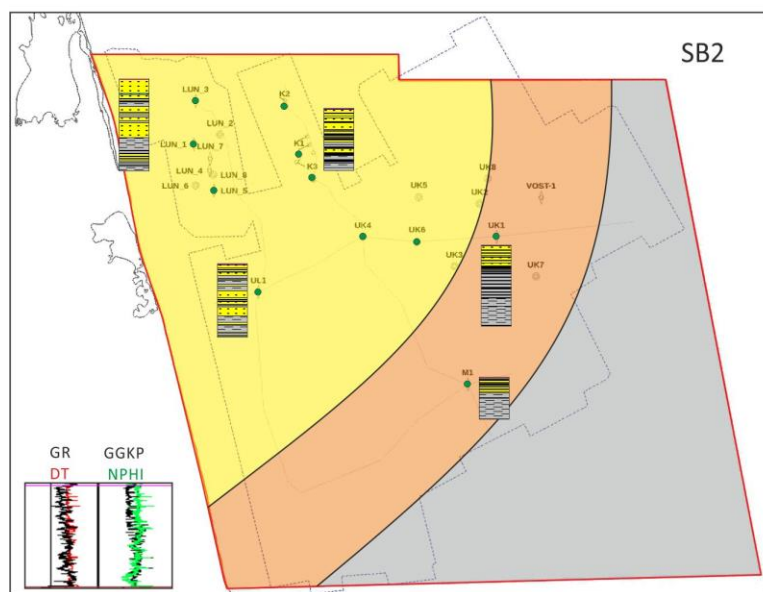
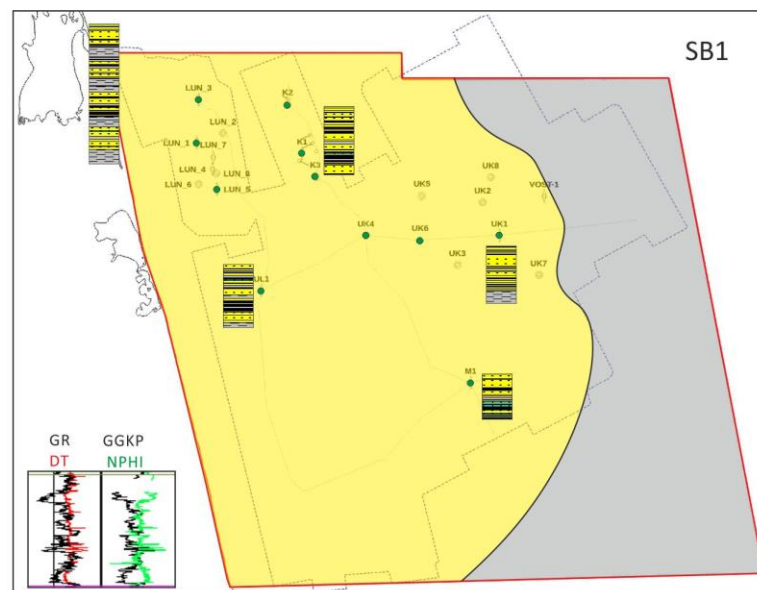
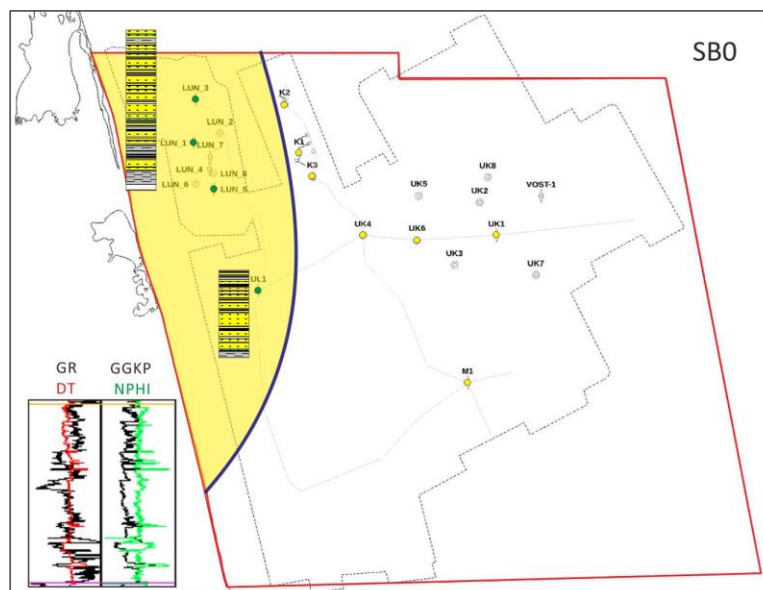
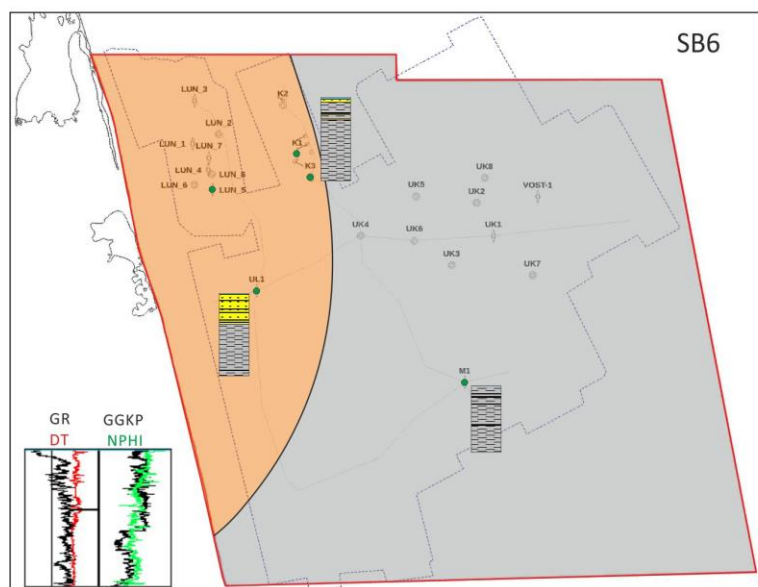
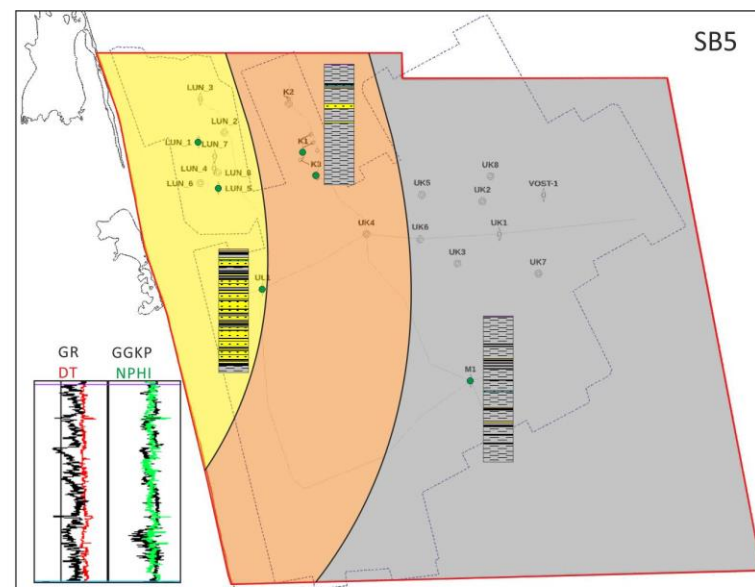
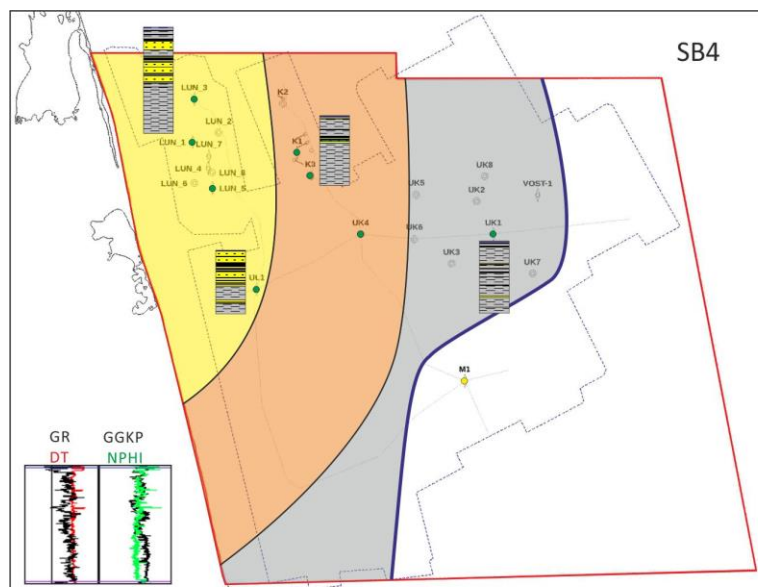











Рис. 37. Палеофациальные схемы основных седиментационных циклов дагинского горизонта



Условные обозначения

-  - границы Киринского лицензионного блока
-  - границы площади, освещенной 3D сейсморазведкой
-  - береговая линия о-ва Сахалин
-  - поисковые, разведочные и эксплуатационные скважины
-  - седиментационный цикл вскрыт / отсутствует
-  - граница развития седиментационного цикла
-  - осадки проксимальной дельты
-  - осадки дистальной дельты
-  - глинистые осадки шельфа

Продолжение рис. 37. Палеофациальные схемы основных седиментационных циклов дагинского горизонта

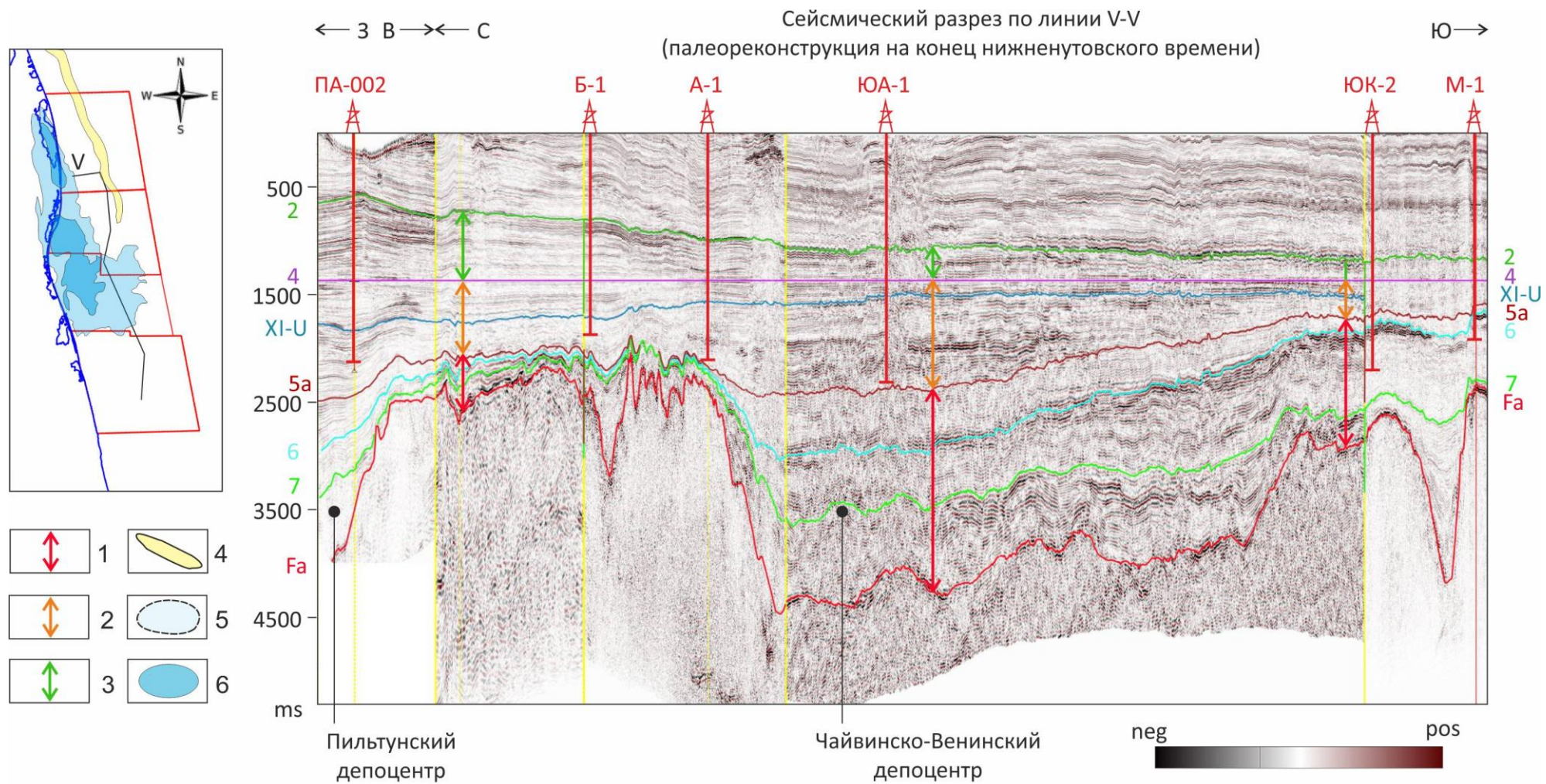
4.2. Верхний миоцен-нижний плиоцен (нутовский горизонт)

В составе этого горизонта выделяется два подгоризонта. Нижненутовский подгоризонт – принадлежит к окобыкайско-нижненутовскому нефтегазоносному комплексу и традиционно является основным объектом для поисково-разведочных работ в северной части северо-восточного шельфа о-ва Сахалин. Верхненутовский – относится к Верхненутовско-Помырскому, который до открытия в 2017 году месторождения Нептун (Аяшское поднятие) считался возможно нефтегазоносным.

Новейшие данные позволяют более подробно изучить особенности формирования верхнемиоцен-плиоценовых отложений. В частности, можно отметить две различные модели накопления осадков, преобладавших в этот период на северо-восточном шельфе острова Сахалин. Одна из них – компенсационная, наследует тенденциям, заложенным в олигоцене и раннем- среднем- миоцене (ОГ Fa – ОГ 5a). Максимальные мощности этого интервала приурочены к древним прогибам, в первую очередь Чайвинско-Венинской синклинали. В районе поднятий, напротив, мощность компенсационной толщи резко сокращается, вплоть до полного отсутствия в присводовых частях наиболее крупных структур. Подобная характеристика в целом свойственна и верхнему миоцену, что хорошо видно по изменению его мощности (рис. 38). Но в конце миоценового времени, на уровне сейсмического отражающего горизонта XI_U происходит смена этой тенденции. Ниже него, нижненутовские отложения действительно представляют собой компенсационную толщу, однако верхняя часть нижненутовского подгоризонта иллюстрирует другой характер накопления осадков. Толщины в интервале горизонтов XI-U – 4 постепенно сокращаются с севера на юг, и с запада на восток (см. рис. 7, 8, 38). По всей видимости, это связано с тем, что компенсация древнего палеорельефа была завершена, что позволило дельте Палеоамура занять значительную часть изучаемой акватории. Максимальные толщины этого интервала отражают проксимальную часть дельты, участки сокращенных толщин маркируют её среднюю и дистальную части. Рассмотрим подробнее особенности развития каждого из интервалов верхнемиоценового нижненутовского подгоризонта [67]:

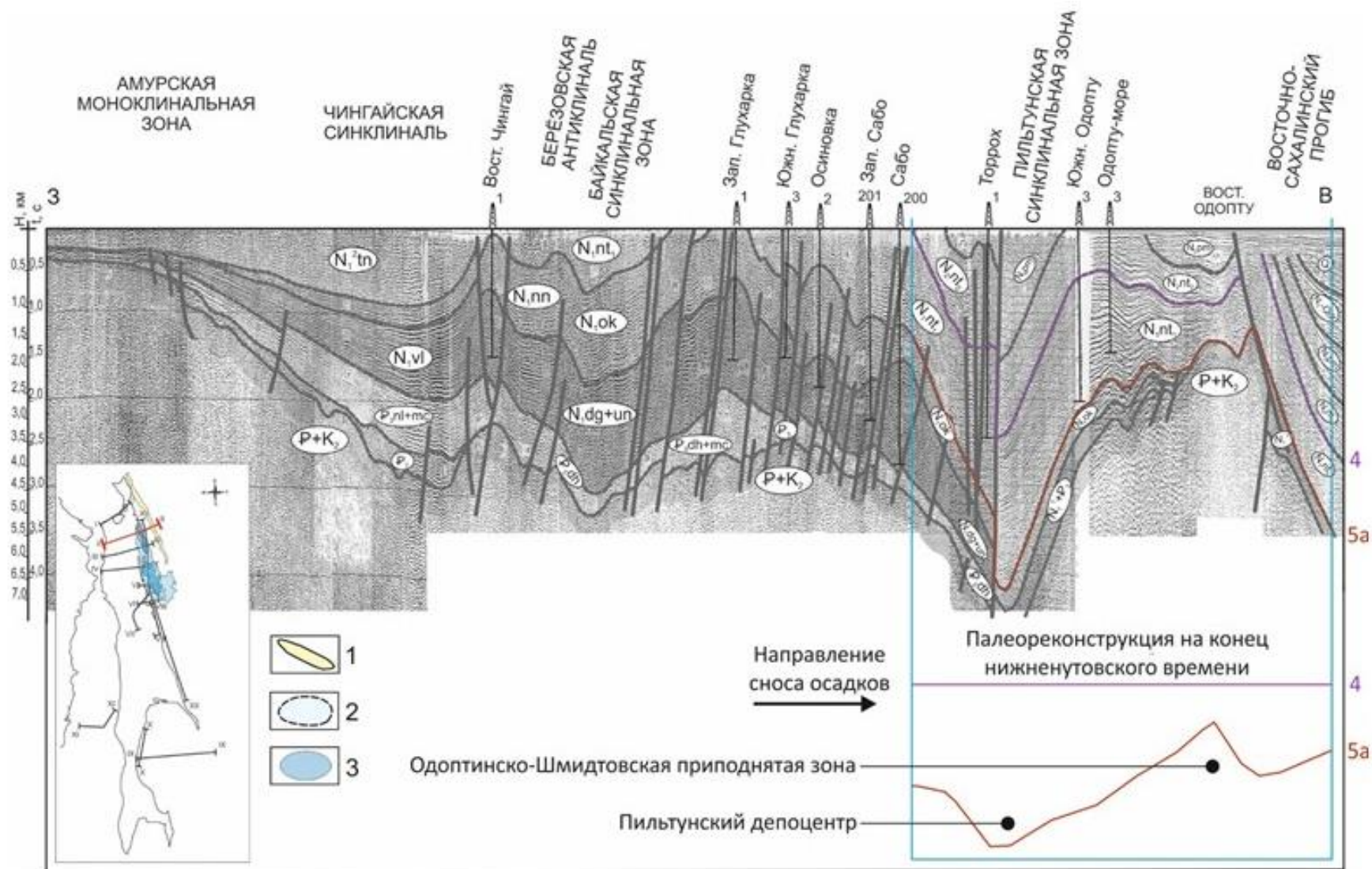
4.2.1. Поздний миоцен (нижненутовский подгоризонт)

Нижний интервал (ОГ 5a – ОГ XI-U) – формировался на фоне проградации дельты Палеоамура. Значительное влияние на ее формирование оказал обширный Северо-Сахалинский прогиб, наиболее погруженные участки которого соответствуют Пильтунской и Чайвинско-Венинской синклинальным зонам. Обе они на протяжении ранненутовского времени выступали в качестве седиментационных депоцентров.



1 - интервал олигоцен - среднемиоценовых отложений; 2 - интервал верхнемиоценовых отложений; 3 - интервал нижнеплиоценовых отложений; 4 – предполагаемые границы Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны; 5 – Северо-Сахалинский прогиб; 6 – депоцентры нижненутовского времени

Рис. 38. Меридиональный временной сейсмический разрез через северо-восточный шельф острова Сахалин (палеорекострукция на конец нижненутовского времени)



1 – предполагаемые границы Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны; 2 – Северо-Сахалинский прогиб; 3 – депоцентры нижненутовского времени

Рис. 39. Субширотный временной сейсмический разрез (Харахинов, 2010 г) и палеорекострукция его восточного фрагмента на конец нижненутовского времени

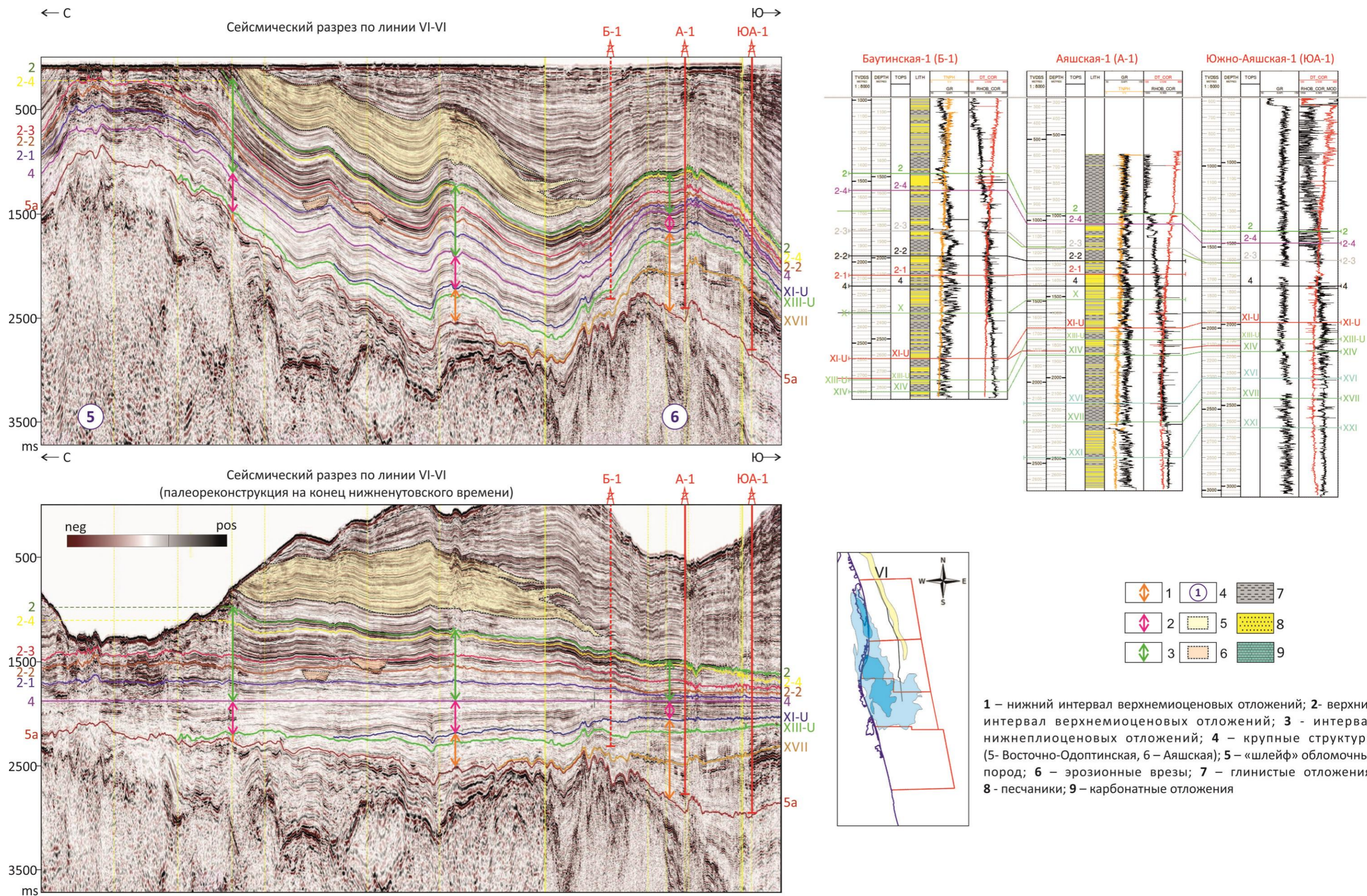


Рис. 40. Сейсмогеологическая характеристика нутовского и помырского горизонтов в районе Восточно-Одоптinskой и Аяшской структур

Чайвинско-Венинский депоцентр занимает юго-западную часть Аяшского блока и западную часть Венинского блока. Он хорошо виден на сейсмическом разрезе V (см. рис. 38) и характеризуется максимальными толщинами нижнего интервала нижненутовского подгоризонта. На этом же профиле, в районе Пильтун-Астохского месторождения отмечается фрагмент Пильтунского депоцентра. В этой зоне отсутствуют доступные для анализа геолого-геофизические материалы, поэтому для его исследования был использован региональный сейсмический разрез, опубликованный в монографии В.В. Харахинова [60]. Его восточная часть протягивается через Пильтунский прогиб и Восточно-Одоптинское поднятие. Для изучения влияния этих структур на накопление позднемиоценовых осадков была восстановлена геометрия этого участка бассейна на конец нижненутовского времени (рис. 39). Палеорекострукция подтвердила существование обеих вышеупомянутых структур на конец миоценового времени. Увеличенные толщины соответствуют положению Пильтунского депоцентра. Минимальные мощности маркирует положение Восточно-Одоптинской структуры, которая по результатам проведенных исследований входит в состав синхронно развивавшейся группы поднятий, названной Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоной. Входящие в нее структуры приурочены к Восточно-Сахалинскому сдвигу (с севера на юг: Шмидтовская, Северо-Одоптинская, Восточно-Одоптинская, Лозинская, Баутинская).

Влияние палеоструктурного плана на особенности накопления и распределения ранненутовских отложений было неравномерным и снижалось по мере заполнения бассейна. На начальном этапе, осадконакопление нутовских отложений в изучаемом районе происходило под влиянием Пильтунского депоцентра, который представлял собой участок переуглубленного шельфа, располагавшегося фронтально по отношению к осевой части дельты палеоамура. Здесь, в районе современного залива Пильтун, началось активное формирование глубоководных конусов выноса ранненутовского возраста. По мере заполнения аккомодационного пространства Пильтунского палеопргиба и дальнейшей проградации Палеоамура, ареал формирования фанов смещался в восточном и юго-восточном направлениях. Сначала в район структуры Одопту-море, затем на расположенные южнее и юго-восточнее участки Пильтун-Астох, Чайво, Аркутун-Даги. Это наблюдение хорошо коррелирует с результатами бурения в этой части акватории, показавшими, что резервуары нижненутовского подгоризонта наиболее развиты в районе месторождения Одопту-море, южнее и восточнее которого отложения сокращаются в мощности и глинизируются.

Юго-Восточная направленность дельты Палеоамура в позднемиоценовое время установлена по результатам региональных исследований и выражена в схемах

осадконакопления, составленных Л.С. Маргулисом и Б.А. Сальниковым [60]. В пределах изучаемого участка Сахалинского шельфа эту тенденцию дополнительно поддержал обширный Чайвинско-Венинский седиментационный депоцентр, в пределах которого накапливался значительный объем ранненутовских осадков. Его компенсация была непродолжительной и в основном завершилась с накоплением XVII пласта (рис. 40, см. табл. 3), после чего ареал накопления позднемиоценовых осадков расширился за счет сопредельных к Чайвинско-Венинскому прогибу участков Северо-Сахалинского прогиба.

По аналогии с механизмами компенсации Пильтунского палеопрогиба, можно вывести, что вдоль северо-западного борта Чайвинско-Венинского депоцентра, ближе всего расположенного к источнику сноса обломочного материала, была сформирована система глубоководных конусов выноса (фанов). Именно к резервуарам такого типа, относятся продуктивные пласты нижненутовского подгоризонта, вскрытые на месторождениях Нептун и Тритон (Аяшская и Баутинская структуры). Это предположение подтверждает сильная латеральная изменчивость разреза в этой части изучаемой площади, свойственная для подобных фациальных зон. Несмотря на то, что в районе Аяшской и Баутинской структур разрез нижненутовского подгоризонта представлен чередованием глинистых и песчанистых отложений, в близрасположенных скважинах Дагинская-1 и Южно-Аяшская-1 он заглинизирован. Фациальные исследования, проведённые по данным скважины Южно-Аяшская-1 показали, что скважина вскрыла отложения проксимальных, дистальных и «оторванных» конусов выноса.

Захоронение Северо-Сахалинского прогиба и его локальных депоцентров, вместе с дальнейшей проградацией палеоделты привело к расширению области накопления песчаных осадков в северной части изучаемого района. Пик регрессии отмечается по данным скважин в интервале пласта XI-U. На этом этапе формирования позднемиоценовой толщи, отдельные, наиболее приподнятые участки Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны могли ограничить вынос осадков вглубь бассейна, выступая в роли седиментационного барьера. Однако их влияние не было решающим для формирования нижненутовского подгоризонта, из-за удаленности от основных участков накопления обломочного материала.

По результатам проведённых исследований, была подготовлена уточненная схема обстановок осадконакопления в позднем миоцене (рис. 41). Во многом она наследует опубликованной ранее палеофациальной схеме Б.А. Сальникова [60]. При ее составлении также использовалась карта временных толщин нижненутовского подгоризонта (ОГ 5а – ОГ 4), построенная по всем доступным площадным сейсморазведочным материалам Аяшского и Восточно-Одоптинского блоков. Распределение мощности наглядно иллюстрирует односторонний (с запада, на восток) характер заполнения бассейна, преобладавший в

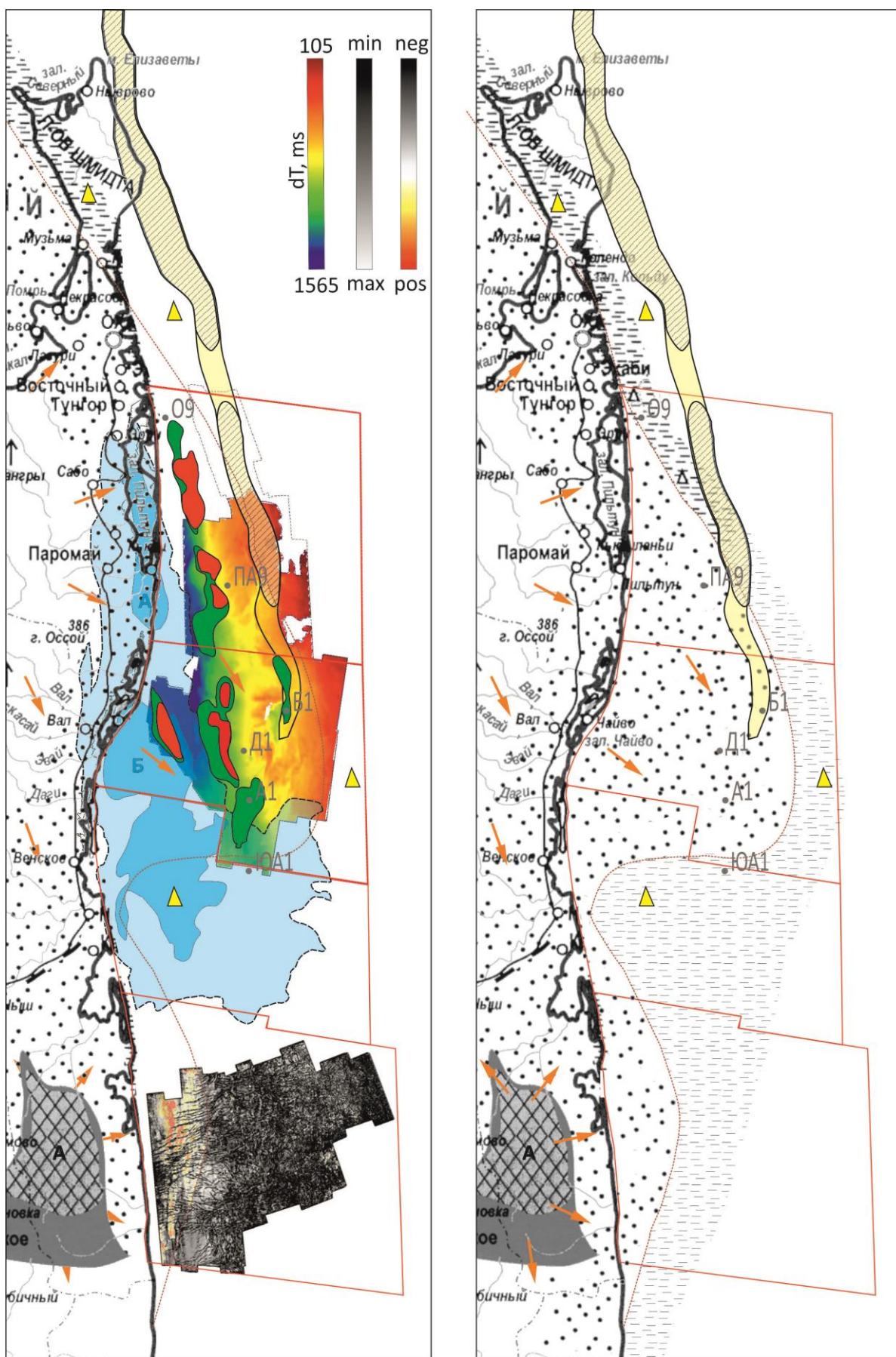
позднемиоценовое время. Закономерно, что большая часть осадков этого возраста сосредоточена к западу от Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны, что маркируют максимальные значения карты, отмеченные синим и зеленым цветокодами. В присводовой части этого поднятия и восточнее него, толщины сокращены (красный цветокод). Сейсмические материалы показали, что позднемиоценовые отложения развиты по всей площади, охваченной 3D сейсморазведкой. Это указывает на то, что по меньшей мере южная часть этой приподнятой зоны (Восточно-Одоптинская и Баутинская структуры) не испытывала интенсивного воздымания в этот период.

В южной части изучаемого района, был рассчитан набор динамических атрибутов, показавший развитие ярких положительных амплитуд в западной части Киринского блока (см. рис. 41). Эту аномалию можно интерпретировать как область накопления песчаных отложений, связанных с Восточно-Сахалинским эрозионным выступом. Существование этого источника сноса было отмечено предыдущими исследователями (Маргулис Л.С., Сальников Б.А.), но впервые отмечается его возможное влияние на формирование перспективных для поиска УВ комплексов на Сахалинском шельфе.

Учитывая то, что данный источник сноса приурочен к северному окончанию обширного эрозионного выступа, которому в современном рельефе отвечает система Восточно-Сахалинских гор, можно прогнозировать развитие резервуаров верхнемиоценового возраста на всем протяжении этой горной системы. От Луньского залива до полуострова Терпения. Это открытие может существенно повлиять на перспективы удаленных от традиционного для этого интервала источника обломочного материала (дельта Палеоамура) участках восточного шельфа острова Сахалин.

Верхний интервал (ОГ XI-U – ОГ 4) – формировался в условиях трансгрессии моря, что хорошо видно по скважинным данным. Это привело к ретроградации дельты Палеоамура и сокращению или прекращению активности локальных источников сноса.

Исследуемый интервал изучается отдельно от остальной части позднемиоценовых отложений по причине существенно отличной характеристики изменения толщин. Мощности исследуемого интервала разреза постепенно сокращаются с севера на юг, и с запада на восток (см. рис. 7, 8, 42, 40). Точно так же, как изменяется разрез вышележающих раннеплиоценовых отложений, формировавшийся при активном участии Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны. Несмотря на схожее изменение толщин, влияние этой группы поднятий на осадконакопление в конце миоценового времени не подтвердилось. Такой вывод сделан на основе детального палеоструктурного анализа Восточно-Одоптинской и Баутинской структур, хорошо изученных данными 3D сейсморазведки.



- | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|---|--|----|--|----|--|----|--|----|--|---|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | 7 |
| | 8 | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 | | 13 | | |

Рис. 41. Обстановки осадконакопления в позднем миоцене (ранненутовское время)

Условные обозначения к рисунку 41: **1** – область сноса обломочного материала (А – Восточно-Сахалинский); **2** – дельтовая платформа; **3** – внутренний шельф; **4** – внешний шельф и склон; **5** – конусы выноса; **6** – основные направления транспортировки осадков; **месторождения УВ с залежами в нижненутовском подгоризонте (7-9):** **7** – нефтяные; **8** – газоконденсатные; **9** – нефтегазоконденсатные; **10** – предполагаемые границы Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны; **11** – палеоподнятия нижненутовского времени; **12** – Северо-Сахалинский прогиб; **13** – депоцентры нижненутовского времени (А – Пильтунский; Б – Чайвинско-Венинский)

Изменение толщин верхнего интервала позднего миоцена обусловлено двумя факторами:

1. Завершением компенсации древнего палеорельефа на предыдущем этапе накопления осадков и, как следствие, выравниванием дна бассейна.
2. Отступлением (ретроградацией) дельты Палеоамура.

Таким образом, формирование этого комплекса происходило на фоне постепенного сокращения области накопления обломочного материала относительно пика регрессии, отражённом на палеофациальной схеме (см. рис. 41). Ареал развития песчаных отложений уменьшался, постепенно смещаясь в северо-западном направлении и сменяясь накоплением преимущественно глинистых разностей. Последующая литификация осадков обусловила значительное изменение толщин. Прямую зависимость между его толщиной и песчаностью подтверждают результаты бурения на участках Чайво и Аркутун-Даги.

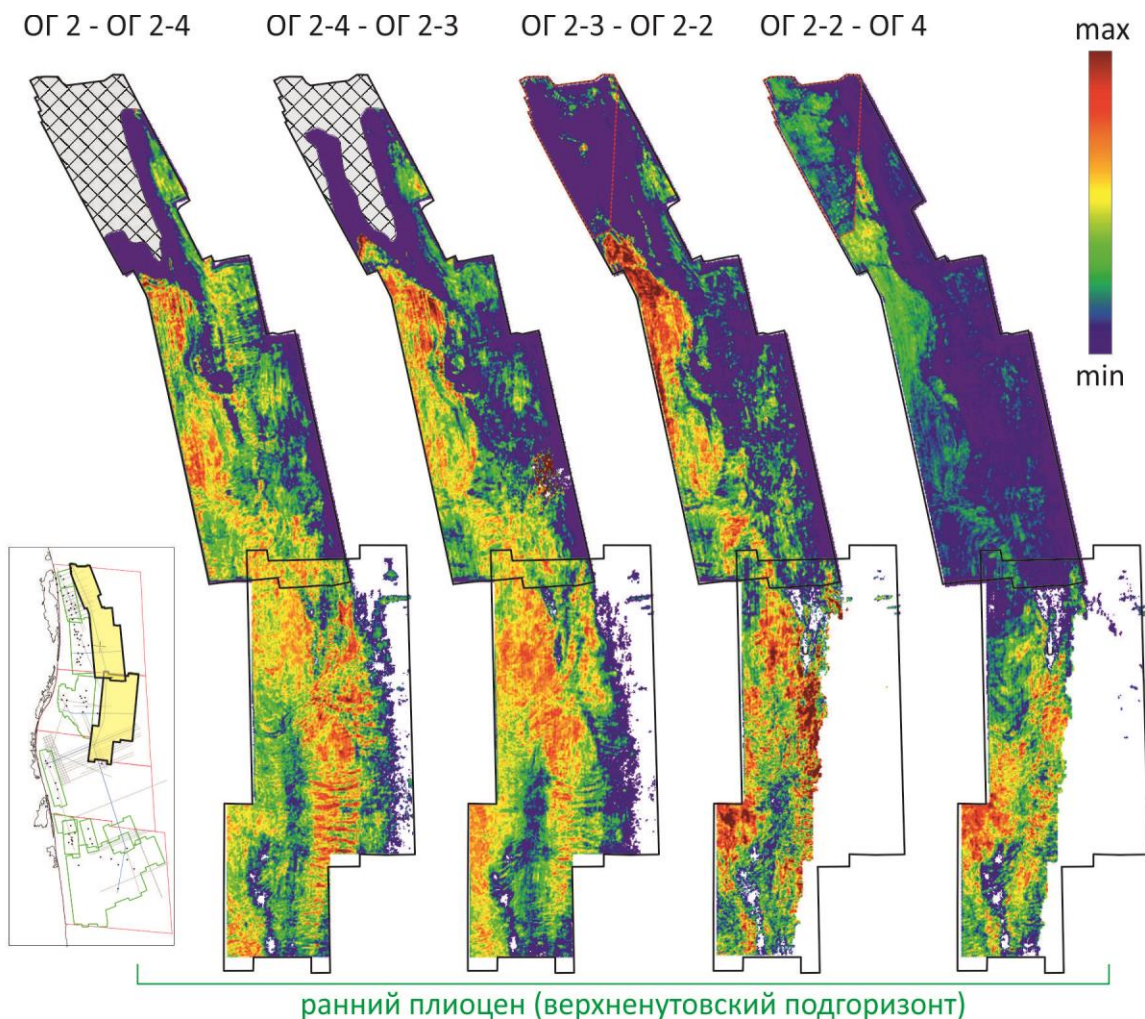
4.2.2. Ранний плиоцен (верхненутовский подгоризонт)

Формирование раннеплиоценового комплекса происходило на фоне дальнейшей трансгрессии моря (см. рис. 2). Дельта Палеоамура продолжила отступление в западном и северо-западном направлениях, следствием чего стало формирование преимущественно глинистого разреза на большей части северо-восточного Сахалина и прилегающего шельфа.

В это же время начинается плиоцен-четвертичный этап тектонической активизации, вызвавший интенсивное воздымание Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны. Ее наиболее приподнятые участки выступили в роли локальных источников сноса обломочного материала. Приведенный ниже анализ выполнен на основе изучения южной части этой группы структур, к которой приурочен хорошо изученными материалами 3D сейсморазведки Восточно-Одоптинский эрозионный выступ. Следует отметить, что сильное воздымание структуры в позднеплиоценовое и четвертичное время привело к денудации значительной части раннеплиоценовых отложений в присводовой части Восточно-Одоптинского поднятия

(см. рис. 7, 8, 40), что в значительной степени ограничивает информативность сейсморазведки и возможности анализа.

Тенденции формирования нижнеплиоценовых отложений хорошо видны на серии прогнозных карт эффективных толщин (рис. 42), рассчитанных по результатам импедансно-фациальной (Ji-Fi) инверсии [75]. На раннем этапе формирования этой толщи, происходит интенсивное воздымание Восточно-Одоптинского поднятия и появление приуроченного к нему источника сноса. Из-за этого, большая часть обломочного материала выносилась на значительное удаление от эрозионного выступа, в район участков Одопту-море, Пильтун-Астох, Аркутун-Даги и Аяшский (ОГ2-2 – ОГ4). Относительно «спокойное» развитие этой структуры на последующих этапах, сформировало благоприятные условия для накопления обломочного материала в непосредственной близости от источника сноса – вдоль западного крыла Восточно-Одоптинской структуры (ОГ2 – ОГ2-4; ОГ2-4 – ОГ2-3; ОГ2-3 – ОГ2-2). Транспортировка осадков происходила по системе каналов. Некоторые из них сохранились и хорошо видны в сейсмическом волновом поле (см. рис. 40).



ранний плиоцен (верхненутровский подгоризонт)
Рис. 42. Прогнозные карты эффективных толщин в интервале раннего плиоцена полученные по результатам импедансно-фациальной (Ji-Fi) инверсии сейсмических данных

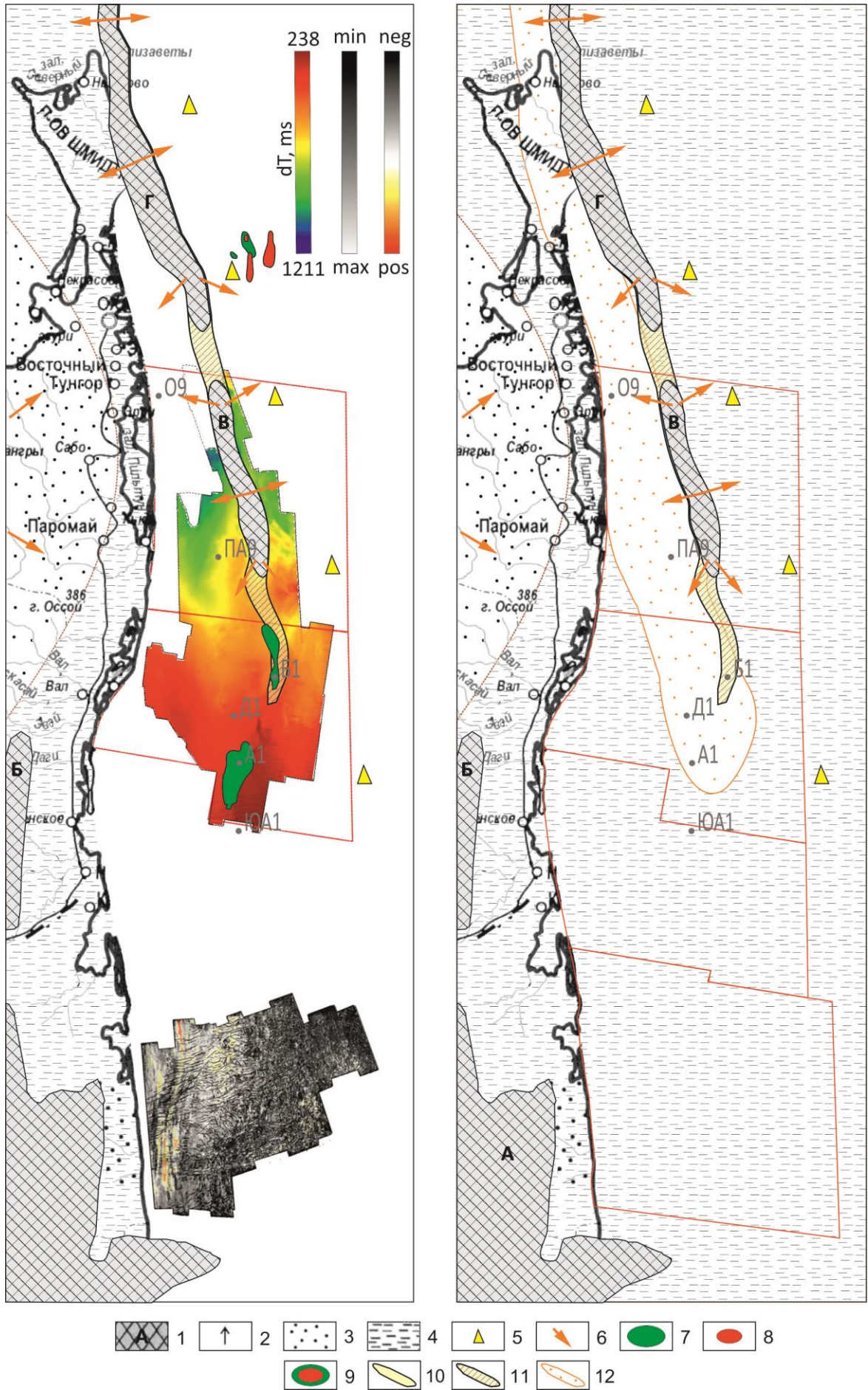


Рис. 43. Обстановки осадконакопления в раннем плиоцене (поздненутовское время)

Условные обозначения к рисунку 43: 1 – область сноса обломочного материала А – Восточно-Сахалинский; Б – Ногликский; В – Восточно-Одоптинский; Г – Шмидтовский); 2 – дельтовая платформа; 3 – внутренний шельф; 4 – внешний шельф и склон; 5 – конусы выноса; 6 – основные направления транспортировки осадков; **месторождения УВ с залежами в верхенутовском подгоризонте** : 7 – нефтяные; 8 – газоконденсатные; 9 – нефтегазоконденсатные; 10 – предполагаемые границы Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны; 11 – палеоподнятия верхенутовского времени; 12 – область накопления обломочных материалов, снесенных с Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны

Эрозионные выступы Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны также обеспечили вынос значительного объёма осадков вглубь бассейна, что привело к формированию системы глубоководных конусов выноса вдоль ее восточного крыла. Существование и продуктивность таких тел подтверждают месторождения Пела-Лейч, Удачное, Васюканское, расположенных вблизи южного периклинального окончания Шмидтовского поднятия.

По результатам проведенных изысканий была построена схема обстановок осадконакопления в раннем плиоцене (поздненутовское время). При ее составлении также была использована карта временных толщин, охватывающая почти все участки МОГТ-3Д Аяшского и Восточно-Одоптинского блоков и результаты динамического анализа на Киринском блоке (рис. 43). На карте толщин видно интенсивное сокращение мощности нижнеплиоценового комплекса с севера на юг. К западу от эрозионного выступа максимальные толщины (синий и зеленый цветокод) отражают основную область накопления обломочного материала. Карта амплитуд отражает отсутствие ярких аномалий, что говорит об однородности глинистого разреза в пределах Киринского блока.

На палеофациальной схеме отображена достаточно обширная площадь накопления обломочных осадков, обоснованная результатами сейсмогеологического анализа. Однако нужно учитывать, что не вся эта область является благоприятной для формирования залежей УВ. Важным фактором, контролирующим перспективность раннеплиоценовых отложений, является наличие достаточной для формирования устойчивых покрышек доли глинистых разностей в разрезе. Компактное накопление основного объема обломочного материала к западу от Восточно-Одоптинского эрозионного выступа этому не способствовало. В этом районе можно предположить максимальную песчаность разреза вблизи сводовой части структуры. На сейсмическом разрезе VI, который протягивается вдоль западного крыла этой структуры (см. рис. 40), максимальные толщины нижнего плиоцена (ОГ4 – ОГ2) ассоциируются с зоной основного накопления песчаных осадков.

По мере удаления от источника сноса, мощность этого комплекса интенсивно сокращается. Это позволяет предположить связь между уменьшением толщины данного комплекса и уменьшением доли обломочного материала в нем. Однозначно подтвердить этот тезис результатами бурения не удалось из-за слабой изученности этого интервала разреза. Несмотря на наличие значительного фонда скважин, вскрывшего плиоценовые отложения на изучаемой площади, почти во всех из них он исследован слабо и фрагментарно, или не изучен совсем. Исключение составляют скважины Аяшская-1, Баутинская-1 и Южно-Аяшская-1, расположенные вблизи южного периклинального окончания Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны. На этом участке и по сейсмическим, и по скважинным данным отмечается интенсивное сокращение разреза нижнеплиоценовых отложений с севера на юг и одновременное уменьшение его песчаности, что наглядно иллюстрирует межскважинная корреляционная схема (см. рис. 40). Песчаность изменяется от 20-30 % на месторождении Тритон (Баутинская структура) до почти полного отсутствия коллекторов на Южно-Аяшском участке.

Благоприятное соотношение песчаных и глинистых разностей в разрезе нижнего плиоцена обеспечили устойчивое развитие резервуаров за счет внутриформационных покровов на Аяшском блоке, что привело к формированию залежей УВ месторождений Нептун и Тритон. Потенциально благоприятными для формирования резервуаров можно считать участки месторождений Аркутун-Даги, Пильтун-Астох и Одопту-море, где соотношение песчаных и глинистых разностей в интервале нижнего плиоцена может быть близко к оптимальному. По оценке Харахинова В.В. [60] оно достигается при 20-40% доле коллектора.

4.3. Поздний плиоцен (помырский горизонт)

Позднеплиоценовые отложения на сегодняшний день считаются перспективными в составе верхненутовско-помырского возможно нефтегазоносного комплекса. Ранее предполагалась, что продуктивность этого горизонта может быть связана с крупными фановыми телами, развитыми в районе Восточно-Одоптинской и Шмидтовской зон. Однако, анализ современных данных не позволяет согласиться с таким прогнозом.

Осадконакопление в позднеплиоценовое время происходило на фоне падения уровня моря (см. рис. 2). Это привело к очередному этапу выдвижения дельты Палеоамура вглубь бассейна и резкому возрастанию интенсивности локальных источников сноса (эрозионных выступов). В районе Восточно-Одоптинской структуры, период её наиболее интенсивного роста отмечен формированием шлейфа обломочных пород, хорошо видного по сейсмическим данным (см. рис. 7, 8, 42, 40).

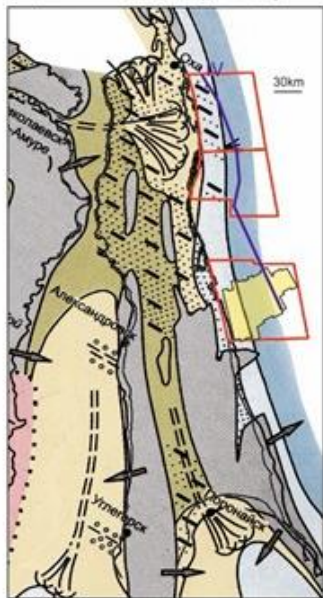
По всей видимости, крупные приподнятые зоны (Восточно-Сахалинская, Восточно-Одоптинская), не только выступали локальными источниками сноса обломочного материала, но и повлияли на формирование палеodelьты, частично ограничив ее раскрытие в восточном направлении. Такой вывод сделан на основании следующих наблюдений:

Согласно региональных исследований, с момента своего формирования (конец среднего миоцена) дельта Палеоамура была ориентирована в восточном, юго-восточном направлении. В конце плиоценового времени ее конфигурация резко меняется. Согласно региональной палеофациальной схеме Л.С. Маргулиса [60], в этот период палеodelьта ориентирована в северо-восточном направлении и захватывает почти всю северо-восточную часть острова, включая полуостров Шмидта. Такая конфигурация дельты Палеоамура должна было обеспечить привнос большого объема песчаных осадков на участок прилегающего шельфа. Однако по данным бурения к югу от скважины Баутинская-1 разрез верхнего плиоцена глинизируется (см. рис. 40). Эта закономерность хорошо гармонирует с положением, «шлейфа» обломочных пород, что указывает на влияние Восточно-Одоптинского эрозионного выступа на осадконакопление в пределах этого участка шельфа.

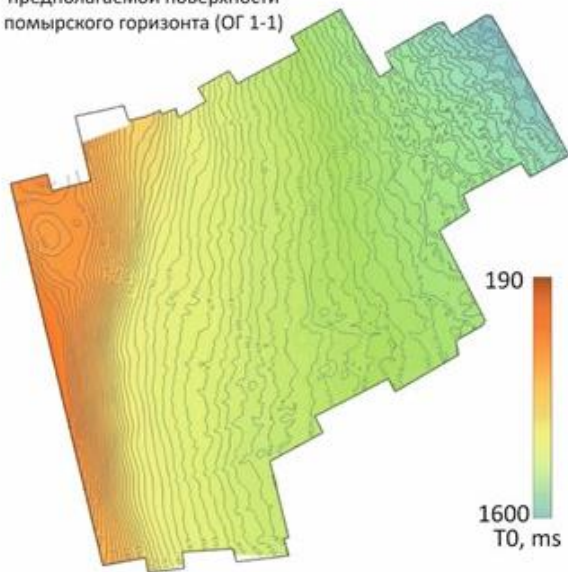
В южной части изучаемого района, удалось впервые выделить и локализовать глубоководные конусы выноса, с которыми могут быть связаны перспективы верхнеплиоценовых отложений. На совмещённых картах когерентности и сейсмических амплитуд вдоль вспомогательных отражающих горизонтов 1-2 и 1-1 (рис. 44) уверенно выделяется серия лопастей конусов выноса. Они характеризуются яркими положительными значениями амплитуд, к западу от которых видна система питающих их каналов. По всей видимости, эта система фанов сформирована в результате сноса обломочного материала с обширного Восточно-Сахалинского эрозионного выступа протягивающегося вдоль восточной оконечности острова от Луньского залива до полуострова Терпения.

Такой генезис позволяет уверенно прогнозировать развитие фанов, сформированных в позднеплиоценовое время не только в юго-восточной части Северо-Сахалинского бассейна (Кирицкий блок), но и в западной части Пограничного бассейна полуострова Терпения. Основным типом ловушек в этом горизонте предполагается литологический. К такому выводу подводит геометрия предполагаемой поверхности позднего плиоцена (помырский горизонт; ОГ 1-1), представляющая собой пологую моноклираль.

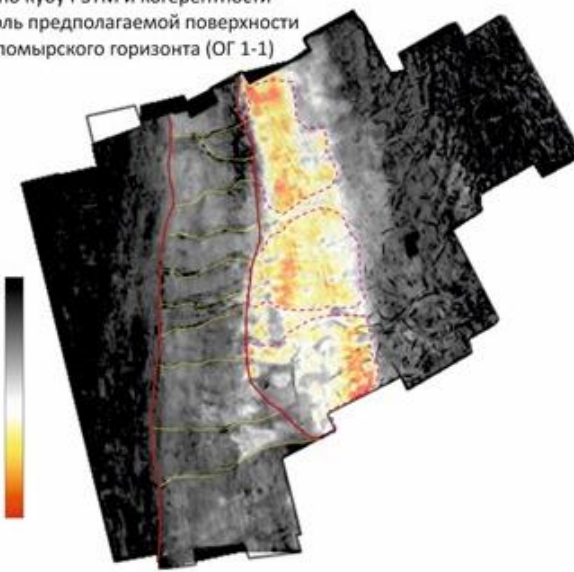
Обстановки осадконакопления в позднем плиоцене (помырское время) (по Л.С. Маргулису, 2004 г)



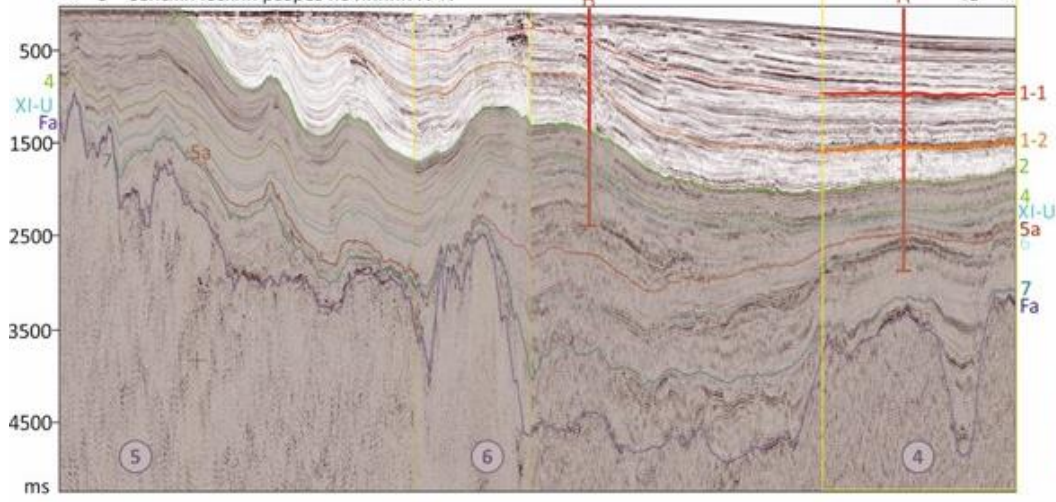
Карта изохрон предполагаемой поверхности помырского горизонта (ОГ 1-1)



Совмещенная карта средних значений амплитуд по кубу PSTM и когерентности вдоль предполагаемой поверхности помырского горизонта (ОГ 1-1)



← С Сейсмический разрез по линии IV-IV



Совмещенная карта средних значений амплитуд по кубу PSTM и когерентности внутри помырского горизонта (ОГ 1-2)

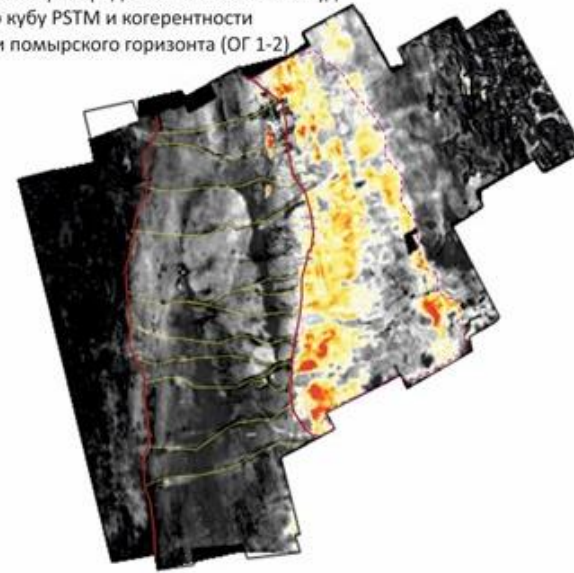


Рис. 44. Результаты сейсмогеологического анализа выполненного в интервале помырского горизонта

Таким образом, по результатам диссертационных исследований были сформулированы следующие защищаемые положения:

- Шмидтовская, Северо-Одоптинская, Восточно-Одоптинская и Баутинская структуры приурочены в Восточно-Сахалинскому сдвигу, что позволило объединить их в Одоптинско-Шмидтовскую приподнятую зону, которая оказала существенное влияние на особенности накопления осадков в позднемиоцен-плиоценовое время;

- Установлена важная роль локальных источников сноса обломочного материала (Одоптинско-Шмидтовский, Восточно-Сахалинский) в формировании целевых и перспективных отложений миоцена и плиоцена.

В рамках проведённого анализа подробно изучена южная часть Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны, расположенной в границах площадных сейсморазведочных работ. К ней приурочены Восточно-Одоптинская и Баутинская структуры. Северная часть этой приподнятой зоны, включающая Северо-Одоптинскую и Шмидтовскую структуры покрыта сетью сейсмических профилей, но эти данные не были доступны для изучения в рамках настоящей работы.

Тем не менее, проведённые исследования вкуче с изучением современных данных об особенностях тектонического строения Сахалинского региона позволили предположить, что все вытянутые вдоль Восточно-Сахалинского сдвига поднятия (Шмидтовское, Северо-Одоптинское, Восточно-Одоптинское и Баутинское) развивались синхронно. Это позволило объединить их в единую (Одоптинско-Шмидтовскую) приподнятую зону (см. раздел 3). Ее наиболее приподнятые участки приурочены к Восточно-Одоптинской и предположительно Шмидтовской структурам. Они выступали источниками сноса обломочного материала на пиках регрессии моря в позднемиоценовое и позднеплиоценовое время, а также во время раннеплиоценовой трансгрессии, за счет интенсивного воздымания Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны.

5. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДАЛЬНЕЙШИХ НЕФТЕГАЗОПОИСКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА СЕВЕРО- ВОСТОЧНОМ ШЕЛЬФЕ ОСТРОВА САХАЛИН

Результаты диссертационного исследования позволяют определить наиболее перспективные для дальнейших нефтегазопроисследовательских работ участки шельфа северо-восточного Сахалина. Рассмотрим их в составе трех нефтегазоносных комплексов (НГК), выделенных в интервале отложений миоцена и плиоцена:

Уйнинско-Дагинский НГК – продуктивен в южной части изучаемого участка (Венинский и Киринский блоки), где установлена промышленная нефтегазоносность дагинского горизонта. Его формирование происходило на фоне постепенного снижения (регрессии) относительного уровня моря, сменившееся в позднедагинское время трансгрессивными тенденциями, что подтверждается результатами детального анализа (раздел 4.1).

Важнейшим фактором выявления новых перспективных зон является прогноз участков накопления обломочных осадков, что невозможно без понимания механизмов их накопления. По результатам предшествующих работ сделан вывод о том, что основным источником обломочного материала на шельф северо-восточного Сахалина была крупная дельтовая система, сформированная несколькими реками (Полеотумин, Палеоамур, Палеоамгунь). Её конфигурацию наглядно иллюстрируют палеофациальные схемы Л.С. Маргулиса и Б.А. Сальникова (см. рис. 3, 4) [60]. Анализ современных данных позволяет дополнить это представление влиянием локальных источников сноса обломочного материала.

По результатам проведенного анализа установлены эрозионные процессы в своде Восточно-Одоптинской структуры (см. рис. 27). Вероятнее всего, интенсивной денудации подверглось и расположенное севернее Шмидтовское поднятие. Основной объем обломочного материала, вероятнее всего, выносился вглубь бассейна, формируя глубоководные конусы выноса вблизи западного борта Восточно-Сахалинского и Дерюгинского прогибов. Формирование нижнемиоценовых (дагинских) резервуаров также вероятно вдоль западного крыла Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны, которая объединяет обе эти структуры.

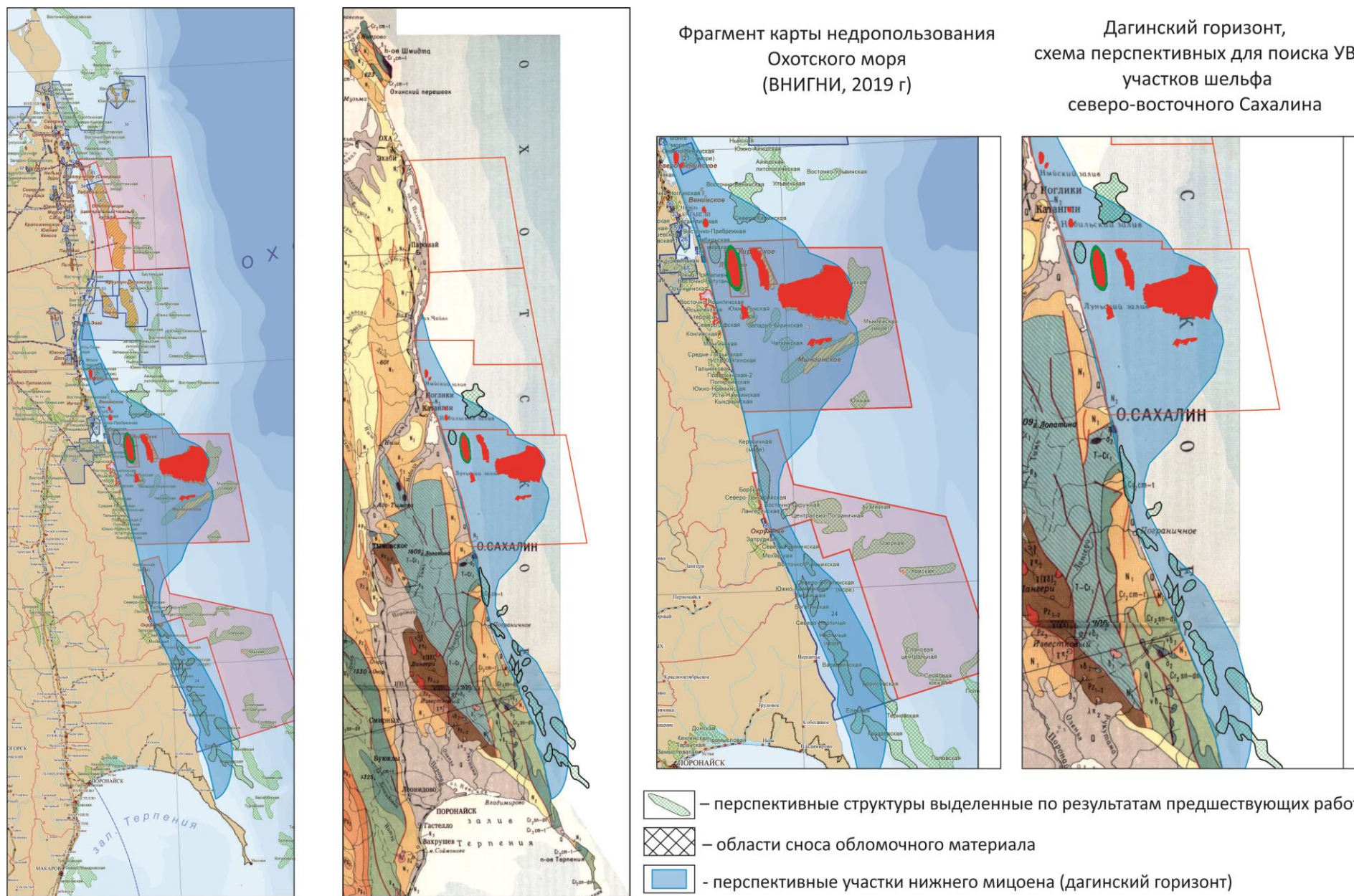


Рис. 45. Ранний миоцен (дагинский горизонт), схема перспективных участков шельфа северо-восточного Сахалина

Важным источником сноса обломочного материала могла выступить система Восточно-Сахалинских гор, что подтверждает составленная Маргулисом Л.С. региональная палеофациальная схема (см. рис. 3) [60]. Интенсивный снос обломочного материала на фоне региональной регрессии моря мог обеспечить широкое накопление песчаных отложений к западу от этой области денудации. То есть, на большей части восточного шельфа острова Сахалин, от Луньского залива до полуострова Терпения (рис. 45).

Выделенные в качестве перспективных по интервалу нижнего миоцена участки шельфа северо-восточного Сахалина не только характеризуются высоким потенциалом для накопления обломочного материала, но и перекрываются преимущественно глинистым разрезом среднемиоценового окобыкайского горизонта, что повышает вероятность успеха нефтегазопроисловых исследований на этих участках шельфа.

Таким образом, обоснован обширный перспективный участок шельфа, где прогнозируется устойчивое развитие нижнемиоценовых резервуарных толщ. Согласно карты недропользования Охотского моря (ВНИГНИ, 2019 г), по результатам предшествующих работ здесь выделено более 20 локальных поднятий не опроискованных бурением. Наиболее крупные из них: Керосинная (море), Нерпичья (море), Варваринская. Высокий интерес также представляют Восточно-Венинская, Борисовская и Гвоздевская структуры, к которым смогут быть приурочены литологически экранированные залежи.

Окобыкайско-Нижненутовский НГК – промышленно продуктивен в составе верхнемиоценового нижненутовского подгоризонта в северной части изучаемой площади (Аяшский, Восточно-Одоптинский блоки). В отличие от описанного выше комплекса, обладающего устойчивой зональной покрывкой, сформированной во время среднемиоценовой (окобыкайской) трансгрессии моря, перспективность нижненутовского горизонта связана с развитием внутриформационных покрывшек. По оценке Харахинова В.В. [60] оптимальное соотношение коллекторов и флюидоупоров в разрезе верхнемиоценового комплекса достигается при доле коллектора 20-40%.

Это условие сильно затрудняет однозначное выделение перспективных участков для дальнейшего поиска углеводородов. Для эффективного решения этой задачи необходимо выполнить интерпретацию данных ГИС всего доступного фонда поисковых и разведочных скважин на основе единой для исследуемого участка петрофизической модели, а также провести сейсмогеологический анализ строения верхнего миоцена нижненутовского горизонта с использованием методов и принципов сиквенс-стратиграфии. Проведение таких исследований выходит за рамки настоящей работы и невозможно из-за отсутствия ключевых данных.

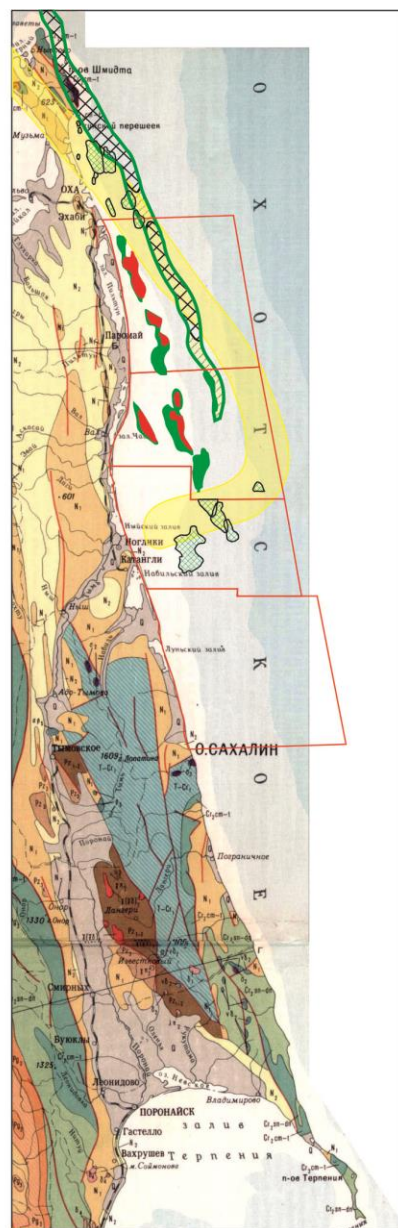
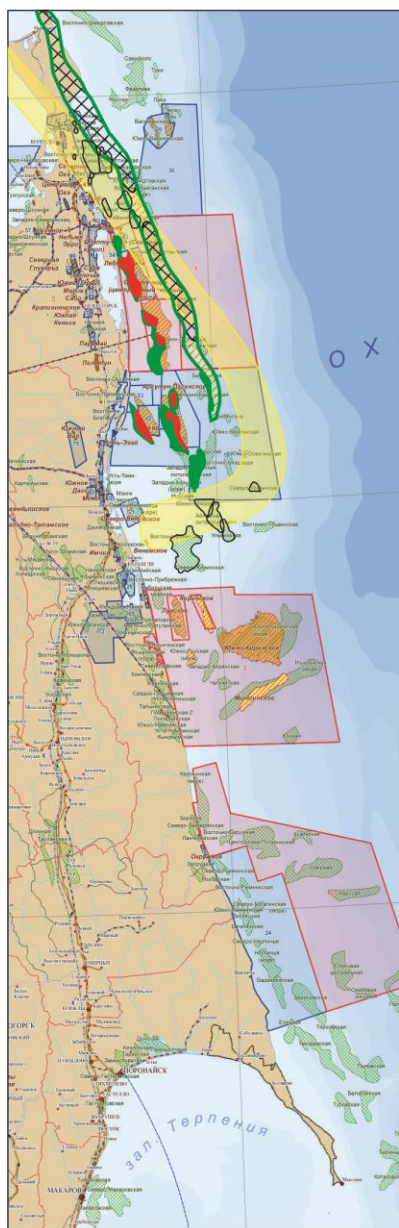
Тем не менее, выполненные изыскания позволяют выделить несколько перспективных для поиска нефти и газа в интервале нижненутовского подгоризонта участков шельфа (рис. 46). Один из них располагается к северу от участка Одопту-море. Здесь развиты преимущественно глинистые фации внешнего шельфа (см. рис. 41), однако на этом участке могут иметь развитие глубоководные конусы выноса. Аналогичные тела выявлены в районе Охинского перешейка (площади Северное Колендо и Южно-Омбинская), что подтверждается данными бурения [41]. Фановые тела могут иметь развитие и на участке акватории восточнее г. Оха. Здесь, по результатам предшествующих работ закартирована серия из 10 локальных поднятий, наиболее крупные из которых Восточно-Хангузинская, Северо-Одоптинская и Кайганская море. Эти объекты рекомендуются первоочередными, для дальнейшего изучения.

Развитие фанов также весьма вероятно в северной части Чайвинско-Венинского верхнемиоценового депоцентра. В этом районе предшествующими работами выявлено 5 структур, Наиболее перспективные из которых Айяшская литологическая и Восточно-Венинская (см. рис. 46). Большие глубины залегания целевого пласта снижает привлекательность этих объектов для поиска нефти и газа, тем не менее, они требуют дальнейшего изучения.

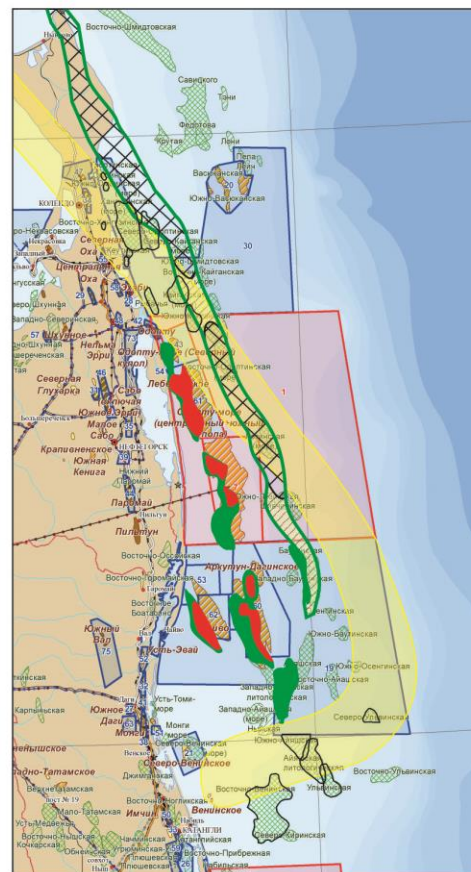
Как упоминалось выше (раздел 4.2.1), расчет и анализ динамических атрибутов в пределах Киринского блока, позволил выявить возможное развитие песчаных отложений вблизи его западной границы. Если это предположение верно, то источником этого обломочного материала был Восточно-Сахалинский эрозионный выступ, представляющий собой северное окончание одноименных гор (см. рис. 41). Это дает основание предполагать развитие на шельфе Сахалина резервуарных толщ верхнемиоценового (нижненутовского) возраста вдоль всей протяженности этой горной системы. Подтвердить это предположение имеющимися данными не представляется возможным. Данная гипотеза требует дальнейшей проверки.

Верхненутовско-Помырский НГК – включает в себя нефтеносный верхненутовский (нижний плиоцен) подгоризонт и перспективный помырский горизонт (поздний плиоцен).

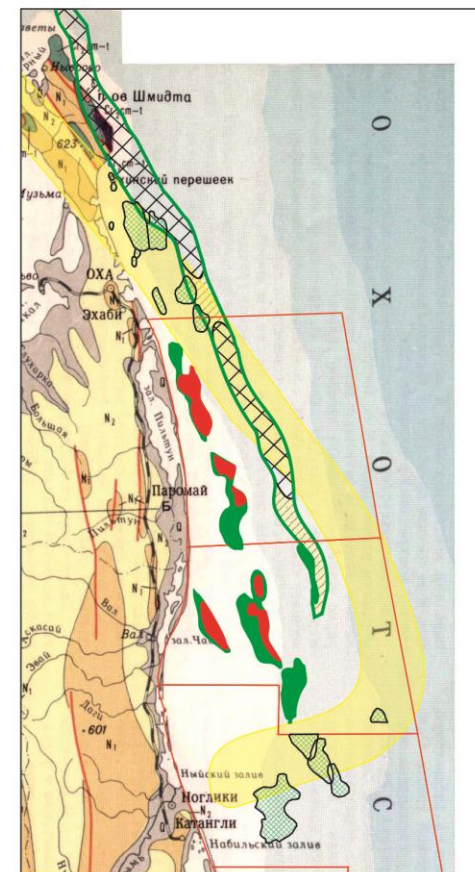
Раннеплиоценовый верхненутовский подгоризонт формировался на фоне дальнейшей трансгрессии и воздымания Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны, наиболее приподнятые участки которой (Шмидтовская и Восточно-Одоптинская структуры) начинают играть роль локальных источников сноса. К востоку от этих эрозионных выступов формируется система фанов, а вдоль западного крыла этой приподнятой зоны – область накопления обломочных отложений на шельфе (см. рис. 43).



Фрагмент карты недропользования
Охотского моря
(ВНИГНИ, 2019 г)



Нижненутовский подгоризонт,
схема перспективных для поиска УВ
участков шельфа
северо-восточного Сахалина






-  – перспективные структуры выделенные по результатам предшествующих работ
-  – области сноса обломочного материала
-  – перспективные участки верхнего миоцена (нижненутовский подгоризонт)

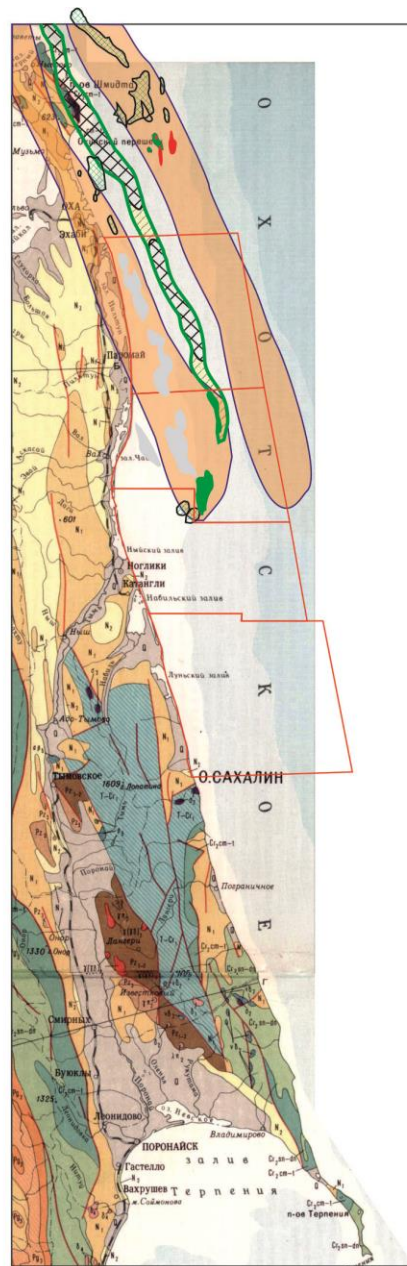
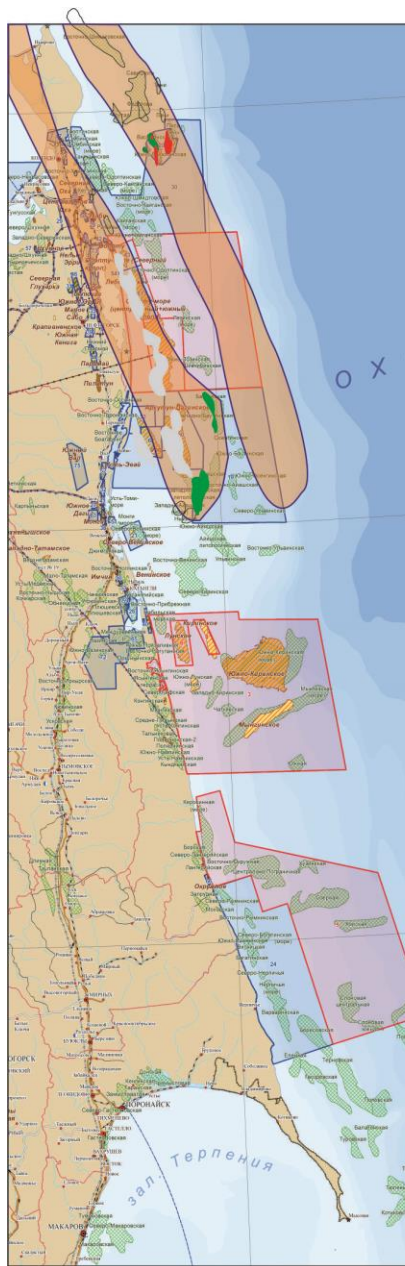
Рис. 46. Поздний миоцен (нижненутовский подгоризонт), схема перспективных участков шельфа северо-восточного Сахалина

Благоприятное соотношение песчаных и глинистых разностей в разрезе раннего плиоцена обеспечили устойчивое развитие резервуаров за счет внутриформационных покрышек на Аяшском блоке, что привело к формированию залежей УВ месторождений Нептун и Тритон (рис. 47). Потенциально благоприятными для формирования резервуаров можно считать участки месторождений Аркутун-Даги, Пильтун-Астох и Одопту-море, где соотношение песчаных и глинистых разностей в интервале нижнего плиоцена может быть близко к оптимальному. Перспективы также могут быть связаны с небольшими локальными поднятиями расположенными еще севернее (Рыбачья, Кеутинская структуры).

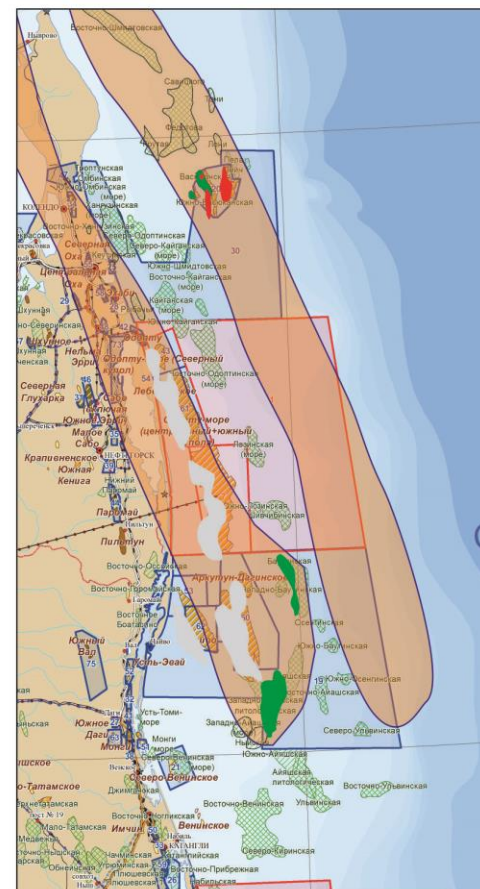
Наиболее привлекательные для дальнейшего изучения объекты располагаются восточнее Одоптинско-Шмидтовского источника сноса, где по результатам предшествующих работ (ВНИГНИ, 2019 г) выделено более 6 локальных поднятий, включая крупные стурктуры Савицкого и Восточно-Шмидтовская.

Позднеплиоценовый помырский горизонт - слабо изучен геолого-геофизическими данными в пределах изучаемой площади, что сильно затрудняет анализ и снижает его определенность. По результатам выполненных работ, в интервале этого горизонта выявлены аномалии сейсмического волнового поля, которые могут быть связаны с развитием серии глубоководных конусов выноса (см. рис. 44). По всей видимости, эти фаны сформовались под влиянием Восточно-Сахалинского источника сноса. Реактивация которого вновь произошла на фоне позднеплиоценовой регрессии моря. Это позволяет прогнозировать широкое развитие таких резервуаров на восточном шельфе острова Сахалин.

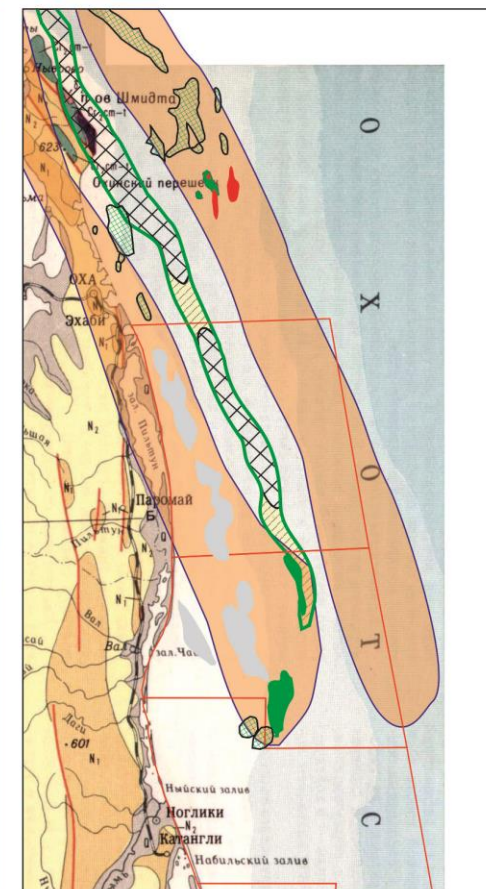
Ранее предполагалось, что продуктивность этого горизонта может быть связана с крупными фановыми телами, развитыми в районе Восточно-Одоптинской и Шмидтовской зон. Однако, анализ современных данных не позволяет согласится с таким прогнозом. Напротив, установлено негативное влияние молодой (плиоцен-четвертичной) сдвиговой активности на целостность резервуаров и углеводородный потенциал присдвиговых структур. Комплексный анализ динамических атрибутов и результатов бурения показал, что активизация сдвиговой активности в районе Аяшского поднятия стала наиболее вероятной причиной нарушения целостности покрышки, достаточной для дегазации залежи, но позволившей сохранится нефтяному флюиду. Учитывая, то что в районе Восточно-Одоптинского поднятия влияние Восточно-Сахалинского сдвига было более интенсивным, можно с большой долей вероятности говорить о невысоком потенциале этого объекта для поиска нефти и газа.



Фрагмент карты недропользования
Охотского моря
(ВНИГНИ, 2019 г)



Верхнечукотский подгоризонт,
схема перспективных для поиска УВ
участков шельфа
северо-восточного Сахалина






-  – перспективные структуры выделенные по результатам предшествующих работ
-  – области сноса обломочного материала
-  – перспективные участки нижнего плиоцена (верхнечукотский подгоризонт)

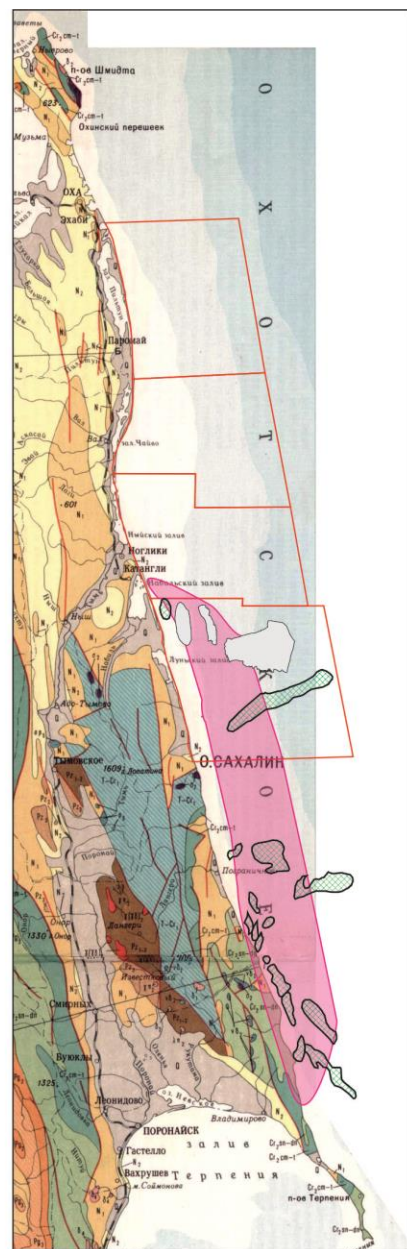
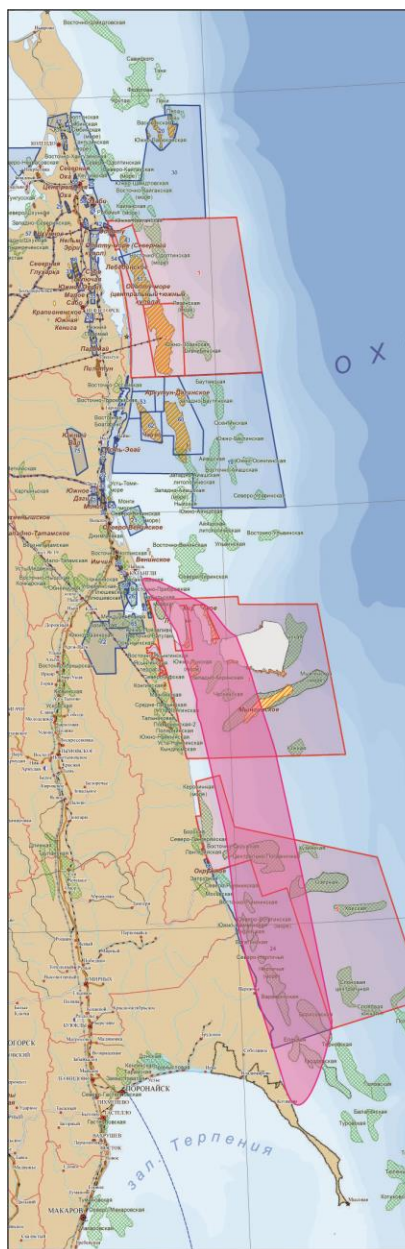
Рис. 47. Ранний плиоцен (верхнечукотский подгоризонт), схема перспективных участков шельфа северо-восточного Сахалина

Результаты диссертационных исследований позволяют констатировать важность продолжения поисково-разведочных работ в акватории Сахалинского шельфа, ресурсный потенциал которого не исчерпан. Основным направлением, позволяющим открывать новые залежи углеводородов и восполнить запасы, может стать поиск неантиклинальных ловушек, что отмечали ведущие исследователи этого региона [68, 31, 33, 13]. Наиболее благоприятные условия для формирования таких объектов в интервале миоцена и плиоцена преобладали в районе восточного борта Восточно-Сахалинского и Дерюгинского прогибов, а также в зоне действия Восточно-Сахалинского источника сноса. То есть, на всём протяжении восточного шельфа острова, от Набильского залива до полуострова Терпения.

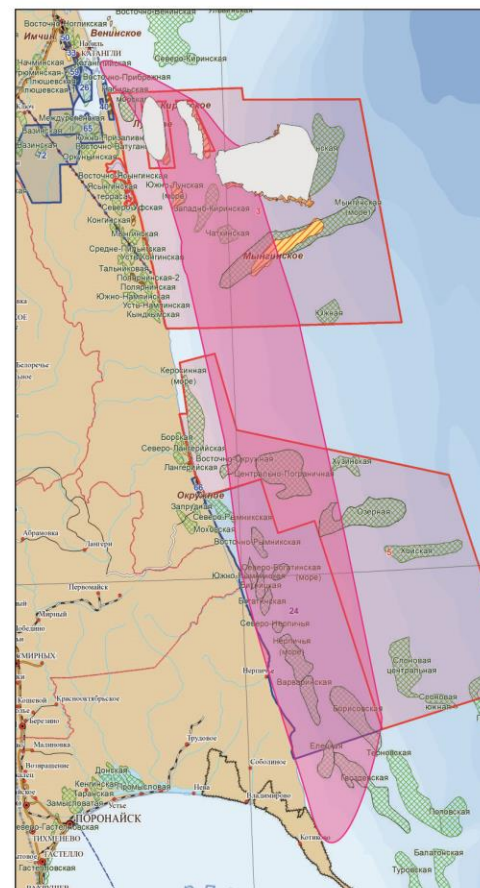
Проведенные изыскания показали возможность их выявления и идентификации по сейсмическим данным. Динамические атрибуты позволяют выявить как сами фаны, которые отображаются контрастным на фоне вмещающих пород распределением амплитуд, так и питающие их каналы, хорошо видные на атрибуте когерентность. Эти наблюдения можно принять за базовые поисковые признаки литологических ловушек для данного региона. Аналогичный принцип выделения глубоководных конусов выноса предлагает Т.В. Ольнева [39, 40].

Важно отметить, что наличие литологических резервуаров не гарантирует формирование залежей. На сегодняшний день, в пределах изучаемого района не установлено ни одного скопления углеводородов связанного с ловушкой литологического типа. Как следствие, достоверно не известны возможные механизмы формирования залежей УВ в такого рода резервуарах. Тем не менее, в зоне предполагаемого развития фанов широко развиты локальные поднятия. По данным ВНИГНИ, обобщившим результаты интерпретации прошлых лет при составлении карты недропользования Охотского моря (2019 г), позднеплиоценовые фаны могут быть развиты в районе множества структур (рис. 48). Наиболее крупные из них: Лунское, Кириновское, Центрально-Пограничное, Нерпичья (море), Варваринская, Борисовская, Гвоздевская и др. Коллекторы помырского горизонта также могут быть развиты в восточной части Мынгинского и Южно-Кириновского поднятий.

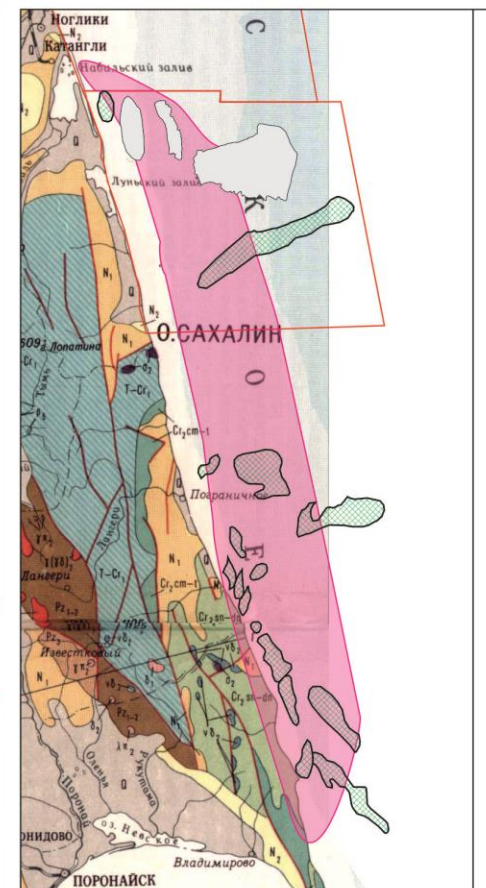
Наиболее близким аналогом можно принять месторождения Пела-Лейч, Удачное, Васюканское. Несмотря на то, что их залежи приурочены к небольшим антиклинальным ловушкам, резервуар в районе этих объектов сложен фановыми песчаниками. Сам факт наличия скоплений углеводородов в пределах глубоководных конусов выноса позволяет оптимистично оценивать их потенциал. А наличие в составе этих месторождений скоплений свободного газа позволяет уверенно рекомендовать использование AVO анализа сейсмических данных для диагностирования перспективных участков в пределах них. Выполненный автором анализ позволяет считать наличие AVO аномалий надежным маркером участков газонасыщенных коллекторов.



Фрагмент карты недропользования
Охотского моря
(ВНИГНИ, 2019 г)



Помырский горизонт,
схема перспективных для поиска УВ
участков шельфа
северо-восточного Сахалина






-  – перспективные структуры выделенные по результатам предшествующих работ
-  – области сноса обломочного материала
-  – перспективные участки верхнего плиоцена (помырский горизонт)

Рис. 48. Верхний плиоцен (помырский подгоризонт), схема перспективных участков шельфа северо-восточного Сахалина

Таким образом, результаты диссертационного исследования позволили сформулировать заключительное защищаемое положение: «Обоснованы перспективные для проведения дальнейших нефтегазопищковых работ участки северо-восточного шельфа острова Сахалин, по каждому продуктивному и перспективному горизонту миоцена и плиоцена».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках диссертационного исследования был собран значительный объем сейсмических и геолого-геофизических данных, увязка и обобщение которых позволил получить новую информацию об истории структурно-тектонической эволюции северо-восточного шельфа острова Сахалин, изучить особенности строения продуктивных и перспективных комплексов миоцена и плиоцена, а также наметить перспективные направления дальнейших нефтегазопроисследовательских исследований.

Считается, что структурно-тектонический облик северо-восточного шельфа острова Сахалин был в общих чертах сформирован к концу палеогенового времени. Однако, результаты выполненных исследований не позволили в полной мере согласиться с этим тезисом. По результатам проведенных исследований, оно продолжалось на протяжении всего миоцена и плиоцена. Наиболее интенсивные этапы структурной перестройки изученной площади относятся к раннемиоценовому и позднемиоцен-плиоценовому времени.

Установлена присдвиговая природа Южно-Лунской структуры, которая приурочена к чешуйчатому вееру сжатия (структура конский хвост) Киринского сдвига. На западе Киринского и Венинского блоков располагается серия вытянутых в субмеридиональном направлении антиклинальных структур, обладающие схожим с Южно-Лунским объектом строением, что позволило предположить их аналогичный генезис. То есть, каждое из этих локальных поднятий маркируют начало сдвига, что позволяет предположить гораздо более широкое развитие таких разрывных нарушений в изучаемом районе. Эти результаты были изучены совместно с региональной тектонической схемой. В результате чего была представлена следующая гипотеза: структурно-теогоническая эволюция северо-восточной части Сахалинского шельфа, контролировалась Хоккайдо-Сахалинским региональным сдвигом, положением Пограничного блока Охотоморской плиты (Совгаванский разлом) и преобладанием транстензионного режима, связанного с завершением формирования Циркумсахалинской субпровинции с депоцентром в Дерюгинской глубоководной котловине.

Раннемиоценовая система сдвиговых дислокаций берет свое начало на стыке и Хоккайдо-Сахалинского сдвига и Совгаванского разлома и лучеобразно раскрывается в восточном и северо-восточном направлениях. Их активизация привела к разрушению палеогенового Киринского мегаподнятия. Часть составляющих его блоков сдвигаются далеко на восток, формируя Ногликский, Лопатинский, Дерюгинский, Норский и Ульвинский блоки. То есть, амплитуда сдвигов в это время могла достигать сотни и более километров. Синхронно с этим, формировалась Чайвинско-Венинская синклиналильная зона.

Изучение особенностей строения продуктивных пластов миоцена и плиоцена на северо-восточном шельфе острова Сахалин позволило выявить зональные закономерности в накоплении и распределении осадков. Результатом этой работы стало уточнение особенностей строения продуктивных горизонтов нижнего и верхнего миоцена (дагинский горизонт, нижненутовский подгоризонт) и плиоцена (верхненутовский подгоризонт, помырский горизонт). По этим интервалам был выполнен палеофациальный анализ, отражающий природу и характер распределения фаций для каждого из них. Помимо традиционного для этой площади источника привноса обломочного материала – дельты Палеоамура, существенное влияние на строение целевых пластов оказали локальные источники сноса обломочного материала.

Восточно-Сахалинский эрозионный выступ приурочен к одноимённому горному массиву в современном рельефе острова. Его активность связана с фазами регрессии моря. На основании этого, предполагается существование перспективных для изучения резервуарных толщ ниже- верхнемиоценового и верхнеплиоценового возраста вдоль всей протяженности этого эрозионного выступа – от Луньского залива до полуострова Терпения.

Одоптинско-Шмидтовская приподнятая зона объединяет серию локальных структур, приуроченных в Восточно-Сахалинскому сдвигу. Активность этого источника сноса проявлялась на этапах наиболее интенсивного воздымания и/или в периоды регрессии моря. Наиболее интенсивная денудация происходила в районе наиболее приподнятых участков этой приподнятой зоны – Шмидтовской и Восточно-Одоптинской структур. Благодаря чему произошел привнос значительного объема обломочных осадков вглубь бассейна, сформировавшего систему глубоководных конусов выноса к востоку от Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны. Вдоль ее западного крыла также происходило накопление песчаного материала, что обеспечило формирование нижнеплиоценовой резервуарной толщи, продуктивной на месторождениях Нептун (Аяшская структура) и Тритон (Баутинская структура).

Таким образом, результаты проведенных исследований позволили выявить участки перспективные для дальнейшего поиска залежей углеводородов в отложениях миоцен-плиоценового осадочного чехла на северо-восточном шельфе Сахалина. Важным открытием стало выявление негативной роли молодой (плиоцен-четвертичной) сдвиговой активности на сохранность залежей нефти и газа. Учет этих рисков при проведении дальнейших геологоразведочных работ позволит повысить их успешность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**Опубликованная**

1. **Алексейчик, С.Н. Акватории – один из важнейших объектов для предстоящих поисков нефти и газа в Сахалинской нефтегазоносной области** [Текст] / С.Н. Алексейчик // Результаты исследований по геологии и нефтегазоносности Сахалина. Южно-Сахалинск, 1969. С. 92–99.
2. **Алексейчик, С.Н. Направление поисков нефти и газа на шельфе Сахалина** [Текст] / С.Н. Алексейчик, В.Ш. Брутман, М.Х. Лившиц, Г.Н. Новиков, А.Я. Таболяков // Основные направления поисков нефти и газа на Сахалине. Владивосток, 1969. С. 52–63.
3. **Алексейчик, С.Н. К вопросу о перспективах нефтегазоносности Северо-Сахалинских шельфов** [Текст] / С.Н. Алексейчик, В. Корнев, Ю.А. Тронов // Геология и нефтегазоносность Восточной Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1975. С. 74–84.
4. **Алексейчик, С.Н. К вопросу о перспективах нефтегазоносности шельфа Северного Сахалина** [Текст] / С.Н. Алексейчик, Н.П. Зарудный, А.Я. Таболяков, Ю.А. Тронов, И.И. Тютрин // Нефтегазоносность и тектоника Сахалина. Владивосток, 1976. С. 3–13.
5. **Альперович, И.М. Детальные магнитотеллурические зондирования на Северном Сахалине** [Текст] / И.М. Альперович, В.М. Никифоров, В.В. Харахинов // Нефтегазовая геология и геофизика. 1978. №9.
6. **Альперович, И.М. Аномалии проводимости в земной коре о.Сахалин (по данным МТЗ)** [Текст] / И.М. Альперович, В.М. Никифоров, В.В. Харахинов // ДАН СССР. 1979. Т.244. №5. С. 1194–1196.
7. **Альперович, И.М. Изучение мощности осадочных отложений на Сахалине методом магнито-теллурических зондирований** [Текст] / И.М. Альперович, В.М. Никифоров, В.В. Харахинов // Геология и геофизика. 1980. №3. С. 93–100.
8. **Альперович, И.М. Строение островов Сахалина и Итурупа (по данным магнитотеллурических зондирований)** [Текст] / И.М. Альперович, В.М. Никифоров, Слуднев Ю.Г., Кононов В.Э., В.В. Харахинов // Глубинные электромагнитные зондирования Дальнего Востока. Владивосток. 1980.
9. **Альперович, И.М. Электропроводность верхней мантии о. Сахалин** [Текст] / И.М. Альперович, В.М. Никифоров, В.В. Харахинов // Тихоокеанская геология. 1987. №1. С. 38–42.
10. **Арешев, Е.Г. Нефтегазоносность окраинных морей Дальнего Востока и Юго-Восточной Азии.** [Текст] / Е.Г. Арешев // М.: Аванты, 2003. -288 с.

11. Астафьев, Д.А. Перспективные направления газонефтепоисковых работ на морском шельфе России в XXI веке [Текст] / Д.А. Астафьев, А.В. Толстиков, Л.А. Наумова, М.Ю. Кабалин // Журнал ROGTEC, 2020, №58. С. 74-91. - <https://www.yumpu.com/xx/document/read/62801790/rogtec-magazine-issue-58>
12. Беляев, И. В. Геология и полезные ископаемые России : в 6 тт., т. 5, кн. 2: Арктические и дальневосточные моря [Текст] / И. В. Беляев, Б. А. Марковский, О. И. Супруненко // СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2000 г.
13. Бычков, А.В. Направления поисковых работ на нефть и газ на Северном Сахалине [Текст] / А.В. Бычков, Э.Г. Коблов, А.В. Харахинов // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть», 2012 (28), №3. С. 8-11.
14. Бычков, А.В. Опыт и совершенствование бурения скважины со сверхдлинным отклонением от вертикали в ОАО «НК» Роснефть-Сахалинморнефтегаз. [Текст] / А.В. Бычков, О.Е. Зотов, П.А. Хлебников // Нефтяное хозяйство, 2005, №8. С. 50-52.
15. Волков, А.Н. Геологическое строение шельфа о.Сахалин по данным сейсмических исследований [Текст] / А.Н. Волков, Э.Г. Пудиков, А.Я. Табояков // Морская геология и геофизика. Вып.1. Рига: Зинатне, 1970. С. 109–113.
16. Гайнаншин, Р.Н. Шельф о. Сахалин – новые горизонты / Р.Н. Гайнаншин, Н.В. Логвиненко, Е.А. Жуковская, М.В. Сначев, В.В. Литвин, И.А. Таныгин // Нефтяное хозяйство, 2018, №12. С. 22-26.
17. Гладенков, Ю.Б. Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. [Текст] / Ю.Б. Гладенков, О.К. Баженова, В.И. Гречин, Л.С. Маргулис, Б.А. Сальников // М.: ГЕОС, 2002. — 225 с.
18. Гладенков, Ю.Б. Решения Рабочих Межведомственных региональных стратиграфических совещаний по палеогену и неогену восточных районов России - Камчатки, Корякского нагорья, Сахалина и Курильских островов / Ю.Б. Гладенков, Б.А. Сальников, А.К. Боровцев и др. // М.: ГЕОС, 1998. -147 с.
19. Гранник, В.М. Вулканогенные комплексы Сахалина, Курильских островов и прилегающих акваторий. [Текст] / В.М. Гранник // Литосфера, 2004, № 3. – С. 57-70.
20. Гранник, В.М. Хоккайдо-Сахалинская складчатая область: геологическое строение и развитие. [Текст] / В.М. Гранник // Современное состояние наук о Земле, 2011, – С. 494-498.
21. Джафаров, И.С. Шельф, его изучение и значение для поисков и разведки скоплений нефти и газа. [Текст] / И.С. Джафаров, В.Ю. Керимов, Г.Я. Шилов // СПб: Недра, 2005. - 384с.

22. **Дзюбло, А.Д. Особенности состава и свойства продуктивных пород дагинского горизонта месторождений Киринского блока** [Текст] / А.Д. Дзюбло, А.Ю. Макарова, О.А. Шнип // Нефть, газ и бизнес, 2014, №12. С. 37-44.
23. **Жуковская, Е.А. Модель седиментации нижненутовских отложений месторождения Нептун (северо-восточная часть шельфа острова Сахалин).** [Текст] / Е.А. Жуковская, М.В. Сначев, В.А. Космынин, Р.Н. Гайнаншин // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2020 (15), №4. - http://www.ngtp.ru/rub/2020/44_2020.html
24. **Журавлев, А.В. Шельф Сахалина: геологическое строение, перспективы нефтегазоносности и пути освоения ресурсов нефти и газа** [Текст] / А.В. Журавлев, М.Х. Лившиц, Б.К. Остистый // М.: Недра, 1975. 192 с.
25. **Кириллова, Г.Л. Сравнительный анализ эволюции мезозойских осадочных бассейнов дальневосточной нефтегазоносной провинции** [Текст] / Г.Л. Кириллова // Материалы VIII Всероссийского литологического совещания, 2015, том II, С. 69-71. - http://www.ginras.ru/materials/files/8lit_sov_2015Tom_2.pdf
26. **Коблов, Э.Г. Система ресурсно-геологических оценок морских объектов детального прогноза** [Текст] / Э.Г. Коблов, Н.А. Ткачева // Теория и практика нефтегеологического прогноза, СПб., 2008. С.55-76.
27. **Кононов, В.Э. Строение донеогенового основания Северного Сахалина по геофизическим данным** [Текст] / В.Э. Кононов, И.М. Альперович, В.В. Харахинов // Геология, полезные ископаемые, методика и техника геологоразведочных работ на Сахалине и Курильских островах. Южно-Сахалинск, 1975.
28. **Кононов, В.Э. Геологическое строение Северо-Сахалинской нефтегазоносной области по данным комплексных геофизических исследований** [Текст] / В.Э. Кононов, И.М. Альперович, Ю.Г. Слуднев, В.В. Харахинов // М.: ВИЭМС, 1979. 41 с.
29. **Кононов, В.Э. Использование сейсмостратиграфии при нефтегазопоисковых исследованиях на Северном Сахалине** [Текст] / В.Э. Кононов, Ю.В. Лопатнев, Ю.Г. Слуднев, В.В. Харахинов // Тихоокеанская геология. 1984. №5. С. 16–21.
30. **Кононов, В.Э. Оценка нефтегазоносности нижнемиоценового–палеогенового терригенно-кремнистого комплекса Северного Сахалина** [Текст] / В.Э. Кононов, В.Н. Красиков, Е.В. Грецкая // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. Актуальные проблемы геологии и геохимии нефти и газа (памяти Б.А. Соколова и В.В. Семеновича). М.: Геос, 2004. С. 252–253.
31. **Маргулис, Л.С. Нефтегеологическое районирование и оценка нефтегазовых ресурсов Дальневосточных морей.** [Текст] / Л.С. Маргулис // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2009 (4), №2. - http://www.ngtp.ru/rub/5/23_2009.pdf

32. **Маргулис, Л.С. Нефтегеологическое районирование и углеводородные ресурсы Дальневосточного региона России.** [Текст] / Л.С. Маргулис, Т.А. Андиева, Л.М. Пылина, И.С. Боровиков, И.А. Ведров // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2012 (7), №4. - http://www.ngtp.ru/rub/6/63_2012.pdf
33. **Маргулис, Л.С. Секвенная стратиграфия в изучении строения осадочных чехлов.** [Текст] / Л.С. Маргулис // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2008 (3), №3. - http://www.ngtp.ru/rub/2/37_2008.pdf
34. **Меркулова, Т.В. Структура и перспективы нефтегазоносности северных звеньев Итун-Иланьской ветви разломов Тан-Лу** [Текст] / Т.В. Меркулова, Г.Л. Кириллова // Тихоокеанская геология, 2004, том 23, №6. С. 55-75.
35. **Мишаков, Г.С. Условия накопления неогеновых отложений Северного Сахалина** [Текст] / Г.С. Мишаков, Н.И. Бабаева, В.С. Ковальчук // Советская геология. 1985. №7. С. 56–68.
36. **Морозова, А.З. Влияние тектонических движений на формирование фундамента восточной части Северо-Сахалинского осадочного бассейна** [Текст] / А.З. Морозова, В.А. Валиева // Сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса Research innovations 2019. С. 42-46.
37. **Новиков, Ю.Н. Территориальный углеводородный потенциал Дальнего Востока в XXI веке: итоги геологоразведочных работ и тенденции недропользования.** [Текст] / Ю.Н. Новиков, Л.С. Маргулис, Т.А. Андиева, Л.М. Гома, Л.М. Пылина, Н.В. Большакова, О.И. Крестина, Е.С. Турова // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2015 (10), №2. - http://www.ngtp.ru/rub/4/23_2015.pdf
38. **Нуриев, М.Ф. Геологические условия верхней части разреза на месторождениях северо-восточного шельфа Охотского моря** [Текст] / М.Ф. Нуриев, М.Б. Шевелев, Ю.В. Семенов, Н.А. Ершов, П.Н. Лисковский // Газовая промышленность, 2019 (788), №8. С. 56-65.
39. **Ольнева, Т.В. Прогнозирование морфометрических характеристик литологических ловушек на основе объектно-ориентированного сейсмогеологического анализа** [Текст] / Т.В. Ольнева // Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, 2018.
40. **Ольнева, Т.В. Сейсмофациальный анализ. Образы геологических процессов и явлений в сейсмическом изображении** [Текст] / Т.В. Ольнева // СПб.: Институт компьютерных исследований, 2018. -152 с.
41. **Ромашев, М.В. Геологическая модель перспективных площадей Северное Колендо и Южно-Омбинская (Северный Сахалин)** [Текст] / М.В. Ромашов, Т.Н.

Сергиенко, Э.Г. Коблов, А.В. Харахинов // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть», 2012 (28), №3. С. 25-26.

42. **Савицкий, В.О. Оligоцен-миоценовые отложения Южного Сахалина (Пограничный прогиб)** [Текст] / В.О. Савицкий, В.П. Болдырева, Р.В. Данченко, Л.И. Митрофанова // Вестник МГУ, Сер. Геол. 1979. №1. С. 81–85.

43. **Сальников, Б.А. Стратиграфия нефтегазоносных и перспективно-нефтегазоносных толщ Сахалина** [Текст] / Б.А. Сальников, Г.С. Мишаков, А.Д. Архипова, Н.Я. Брутман, Л.С. Жидкова, В.Н. Кузнецова, Л.С. Леоненко, Л.Н. Попова, Н.Б. Сальникова, И.А. Теплов, Т.В. Туренко // Новые данные по геологии и нефтегазоносности Сахалина. Л., 1979. С. 4–33.

44. **Сальников, Б.А. Детальная стратиграфия и фациальный анализ нефтегазоносных толщ Северо-Восточного Сахалина и Сахалинского шельфа по материалам геофизических работ, поискового и параметрического бурения** [Текст] / Б.А. Сальников, А.Д. Архипова, Н.Я. Брутман, Л.А. Попова, В.Н. Кузнецова, Л.С. Леоненко // ВГФ. 1986. 251 с.

45. **Сальников, Б.А. Летальная стратиграфия и фациальный анализ нефтегазоносных толщ Северо-Восточного Сахалина и шельфа.** [Текст] / Б.А. Сальников, А.Д. Архипова, Н.Я. Брутман, Л.А. Попова, В.Н. Кузнецова, Л.С. Леоненко // ВГФ, 1986. – 251с.

46. **Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы сахалинской области на 15.12.2020 г. (с прибрежным шельфом)** / подготовлена ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2021.

47. **Сторожева, А.Е. Совершенствование гидродинамической модели Киринского месторождения для повышения эффективности разработки в условиях геологической неопределенности** [Текст] / А.Е. Сторожева // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, 2018.

48. **Тектоническая карта Охотоморского региона.** Масштаб 1:2500000 [Карта] / Редакторы Н.А. Богданов, В.Е. Хаин // М.: Институт литосферы окраинных и внутренних морей, 2010.

49. **Телегин, А.Н. Геологическая эффективность способа ОГТ при изучении структурного плана нижне-среднемиоценовых отложений Северного Сахалина** [Текст] / А.Н. Телегин, В.Э. Кононов, Н.С. Поляков, В.В. Харахинов // Нефтегазовая геология и геофизика. 1973. №5.

50. **Тимурзиев, А.И. Новейшая сдвиговая тектоника осадочных бассейнов: от нефтегазогеологического районирования недр до технологии поисков и разведки**

глубокозалегающих месторождений углеводородов [Текст] / А.И. Тимурзиев, Г.Н. Гогоненков // Вести газовой науки, 2012, том 9, С. 68-85.

51. **Тимурзиев, А.И. Новейшая сдвиговая тектоника осадочных бассейнов: тектонофизический и флюидодинамический аспекты (в связи с нефтегазоносностью)** [Текст] / А.И. Тимурзиев // Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук, 2009.

52. **Ткачева, Н.А. Секвенс-стратиграфия Кайганско-Васюканского участка северо-восточного шельфа о. Сахалин** [Текст] / Н.А. Ткачева // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть», 2012 (28), №3. С. 27-33.

53. **Толстиков, А.В. Новые направления поисково-разведочных работ на северо-восточном шельфе о. Сахалин** [Текст] / А.В. Толстиков, Д.А. Астафьев, М.Ю. Кабалин, Л.А. Наумова, С.А. Шаров // Научно-технический сборник «Вести газовой науки», 2020 (45), №3. С. 3-15. - http://vesti-gas.ru/sites/default/files/files/vgn_3-45-2020-all.pdf

54. **Тронов, Ю.А. Шельф Северного Сахалина – первоочередной объект освоения нефтегазовых ресурсов Охотского моря** [Текст] / Ю.А. Тронов, В.О. Сюткин // Геология и разработка нефтяных месторождений Сахалина. М., 1973. С. 14–21.

55. **Тронов, Ю.А. Основные итоги и перспективы дальнейших поисков нефти и газа на Сахалине** [Текст] / Ю.А. Тронов, А.С. Владимиров, В.С. Ковальчук, Б.К. Остистый // Новые данные по геологии и нефтегазоносности Сахалина. Л., 1979. С. 118–129.

56. **Хаин, В.Е. Тектоники континентов и океанов.** М.: Научный Мир, 2001. -606с.

57. **Харахинов, В.В. Сейсмостратиграфический анализ Северо-Сахалинского осадочного бассейна** [Текст] / В.В. Харахинов, В.Э. Кононов, Ю.В. Лопатнев, Ю.Г. Слуднев // Стратиграфия и литология мезозойско-кайнозойского и осадочного чехла Мирового океана. Т.3. М., 1984.

58. **Харахинов, В.В. Детальная сейсмостратиграфическая модель Северо-Сахалинского седиментационного бассейна** [Текст] / В.В. Харахинов, Ю.В. Лопатнев, В.Э. Кононов, Ю.Г. Слуднев // Геология Тихого океана. Ч.II, Владивосток, 1987.

59. **Харахинов, В.В. Изучение тектонических условий нефтегазоносности перспективных районов о.Сахалин и шельфов акваторий Дальнего Востока и Северо-востока СССР.** [Текст] / В.В. Харахинов, А.А. Терещенков, А.А. Заболотников, В.А. Бабошина, Д.И. Бурканов // М.: ВНТИцентр, 1984. -321 с.

60. **Харахинов, В.В. Нефтегазовая геология Сахалинского региона.** [Текст] / В.В. Харахинов // М.: Научный мир, 2010. -276 с.

61. **Харахинов, В.В. Структура и динамика литосферы и астеносферы Охотоморского региона.** [Текст] / В.В. Харахинов, И.К. Туезов, А.А. Терещенков, В.А. Бабошина // М.: РАН, 1996. -333 с.

62. **Харахинов, В.В. Геодинамические условия формирования осадочных (нефтегазоносных и потенциально нефтегазоносных) систем Охотоморского региона.** [Текст] / В.В. Харахинов // Геология нефти и газа, 2020, №1. С. 81-99.

63. **Харахинов, В.В. Эндодренажные системы и нефтегазоносность Охотоморского региона.** [Текст] / В.В. Харахинов // Геология нефти и газа, 2021, №2. С. 61-79.

64. **Хоштария, В.Н. Опыт успешного комплексного подхода к работам по отбору керн в геолого-разведочных скважинах на шельфе Охотского моря** [Текст] / В.Н. Хоштария, Н.В. Вовк, А.А. Мартын, И.И. Наташкин, С.Е. Дмитриев, С.М. Маммадов // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, 2017, №5. С. 15-20.

65. **Шегай, В.И. Построение единой модели расчленения целевого разреза дагинского горизонта и особенности его осадконакопления в пределах Киринского блока** [Текст] / В.И. Шегай, Я.И. Штейн, С.В. Зиновкин, Е.А. Зимовец // Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток (ROOGD-2018): тезисы докладов VII Международной научно-технической конференции 27–28 ноября 2018 г. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2016. – 136 с.

66. **Шегай, В.И. Особенности строения продуктивного интервала отложений нижнего и среднего миоцена (дагинский горизонт) на участке Киринского блока Сахалинского шельфа** [Текст] / В.И. Шегай, Я.И. Штейн, А.В. Толстикова // Геология нефти и газа. – 2022. – № 2. – С. 31–44. DOI: 10.31087/0016-7894-2022-2-31-44.

67. **Шегай, В.И. Новые сейсмические данные о строении и перспективах нефтегазоносности верхнемиоценовых и плиоценовых отложений северо-восточного шельфа о-ва Сахалин** [Текст] / В.И. Шегай, А.В. Толстикова // Геология нефти и газа, 2022, №3. – С. 67–83. DOI 10.31087/0016-7894-2022-3-67-83

68. **Шейн, В.С. Геология и нефтегазоносность России: 2 изд., переработанное и дополненное** [Текст] / В.С. Шейн // М.: ВНИГНИ, 2012. -848 с.

69. **Шейн, В.С. Геодинамика и перспективы нефтегазоносности осадочных бассейнов Дальнего Востока** [Текст] / В.С. Шейн, В.А. Игнатова // М.: ВНИГНИ, 2007. -296 с.

70. **Шилов, Г.В. Применение геофизических методов для детального исследования литологического состава и характера флюидонасыщения дагинского горизонта на шельфе сахалина с целью определения типа залежи углеводородов** [Текст] / Г.В. Шилов,

С.А. Шаров, О.И. Кожина // Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина, 2010, №2. С. 22-28.

71. **Щербакова, А.Ю. Емкостные свойства продуктивных отложений Киринского лицензионного блока** [Текст] / А.Ю. Щербакова // Нефть, газ и бизнес, 2015, №10. С. 21-25.

72. **Catuneanu, O. Principles of Sequence Stratigraphy.** Elsevier, 2006.

73. **Catuneanu, O., Bhattacharya J.P., Blum M.D. et al. Sequence stratigraphy: common ground after three decades of development.** *First Break*, vol. 28, 2010.

74. **Emery, D. and Myers K., Sequence stratigraphy,** Blackwell Science Ltd, 1996.

75. **Kemper, M. and Gunning, J. Joint Impedance and Facies inversion – Seismic inversion redefined.** *First Break*, 2012, **32**, 89-95.

76. **Twiss, R.J. and Moores, E.M. (1992) Structural Geology.** // W.H. Freeman and Company, New York, 532.

77. **Vitor Abreu, Sequence Stratigraphy of Siliciclastic Systems - The ExxonMobil Methodology** (Concepts in Sedimentology and Paleontology (CSP) Series) / Vitor Abreu; Jack Neal; Kevin Bohacs; James Kalbas // SEPM Soc for Sed Geology, 2010 - p226

Фондовая

78. **Анисимов, В.А. Отчёт «Полевые сейсморазведочные работы на Набильской площади Киринского лицензионного участка.»**. [Текст] / В.А. Анисимов, Р.В. Леонтьев и др. – ОАО «ДМНГ», г. Южно-Сахалинск, 2016 г.

79. **Арапова, А.И. Отчёт «Выполнение камеральных работ (интерпретация 620 кв.км) сейсморазведки 3D на Киринском блоке»**. [Текст] / А.И.Арапова, А.Г.Авербух, Д.Г. Кирнос, М.В. Петрова, А.А. Клочко, Е.В. Яковишина – ОАО «ЦГЭ», г. Москва, 2009 г.

80. **Арапова, А.И. Отчёт «Переинтерпретация данных сейсморазведки с учетом данных бурения скважин по Киринскому и Южно-Киринскому объектам с целью создания геологической модели»**. [Текст] / А.И.Арапова, Д.Г. Кирнос и др. – ОАО «ЦГЭ», г. Москва, 2011 г.

81. **Гогоненков, Г.Н. Отчёт «Камеральные сейсморазведочные работы 3D (интерпретация) на Киринском лицензионном участке»**. [Текст] / Г.Н. Гогоненков, В.А. Слепченко, О.А. Атанова, А.В. Самойлов, А.Г. Авербух и др. – ОАО «ЦГЭ», г. Москва, 2013 г.

82. **Данченко, В.Ф. Отчёт «Обработка сейсморазведочных данных 3D по Восточно-Одоптинскому участку шельфа острова Сахалин в объеме 600 кв.км.»**. [Текст] / В.Ф. Данченко, М.Г. Капорович, Е.А. Сухов и др. – ЗАО "СМНГ-Центр", Мытищи, 2012 г.

83. **Дьяченко, В.П. Отчёт «1.Морские сейсмические работы методом 2Д на шельфе Магаданской области, Хабаровского края и о. Сахалин. Информационный отчет за**

1998г. 2.Морские сейсмические работы методом 3Д на Мынгинском и Южно-Кирином участках. Информационный отчет за 1998 г. 3. Морские сейсмические работы методом 3Д на Астрахановском и Северо-Астрахановском участках. Информационный отчет за 1998 г.». [Текст] / В.П. Дьяченко, В.А.Зайцев и др. – ГУП Трест Дальморнефтегеофизика, г. Южно-Сахалинск, 1999 г.

84. Зелезняк, Ф.Ф. Отчёт «Камеральные сейсморазведочные работы 3Д на Кирином лицензионном участке». [Текст] / Ф.Ф. Зелезняк, Г.Н. Гогоненков, О.А. Атанова, В.И. Шегай, М.Ю. Романенко и др. – ООО «ПетроТрейс Глобал», г. Москва, 2014 г.

85. Кашик, М.А. Отчёт «Итоговый отчет о выполнении сейсморазведочных работ 3Д в пределах Восточно-Одоптинского лицензионного участка (шельф Охотского моря) в объеме 1200 км. кв.». [Текст] / М.А. Кашик и др. – ОАО "Морская Арктическая ГРЭ", г. Мурманск, 2014 г.

86. Рыбак-Франко, Ю.В. Отчёт «Полевые сейсмические работы 2D на шельфе Северного и Северо-Восточного Сахалина.». [Текст] / Ю.В. Рыбак-Франко, Н.В. Королева, Е.В. Степанова и др. – ОАО «Дальморнефтегеофизика», г. Южно-Сахалинск, 2008 г.

87. Слепченко, В.А. Отчёт «Интерпретация и переинтерпретация данных сейсморазведки 2Д/3Д на северо-восточном шельфе о. Сахалин с целью оценки перспектив и подготовки запасов в толще мезозойского фундамента». [Текст] / В.А. Слепченко, А.И. Тимурзиев, и др. // АО «ЦГЭ», Москва, 2016 г.

88. Смирнова, Е.С. Отчёт «Камеральные сейсморазведочные работы 3Д на Набильской площади в пределах Кириного перспективного участка, включая специальную обработку и интерпретацию данных сейсморазведочных работ 3Д в верхней части разреза для инженерно-геологических задач.». [Текст] / Е.С. Смирнова, В.И. Шегай, В.В. Климов, и др. – ООО «ПетроТрейс», г. Москва, 2017 г.

89. Смирнова, Е.С. Отчёт «Камеральные сейсморазведочные работы 3Д на Восточно-Одоптинском лицензионном участке.». [Текст] / Е.С. Смирнова, И.Ю. Радионов, Е.А. Фомичева, В.И. Шегай, В.М. Тугушев и др. – ООО «ПетроТрейс Глобал», Москва, 2015 г.

90. Смирнова, Е.С. Отчёт «Уточнение геологической и седиментационной моделей по Восточно-Одоптинскому участку по результатам бурения скважины 1 Аяшская и дополнительной обработки с выполнением сейсмической томографии сейсморазведочных данных МОГТ 3Д.». [Текст] / Е.С. Смирнова, Е.М. Российская, А.О. Криворучко, В.И. Шегай, В.М. Тугушев и др. – ООО «ПетроТрейс», Москва, 2021 г.

91. Смирнова, Е.С. Отчёт «Камеральные сейсморазведочные работы 3Д на Аяшском лицензионном участке.». [Текст] / Е.С. Смирнова, Е.А. Фомичева, В.И. Шегай, Н.А. Иванова и др. – ООО «ПетроТрейс Глобал», Москва, 2014 г.

92. Селиверстов, А.С. Отчёт «Полевые работы сейсморазведка 3Д в пределах Аяшской структуры (600 кв.км).». [Текст] / А.С. Селиверстов и др. – ОАО "СЕВМОРНЕФТЕГЕОФИЗИКА", Мурманск, 2010 г.

93. Смирнова, Е.С. Отчёт «Переобработка и переинтерпретация материалов сейсморазведки 3Д на Киринском перспективном лицензионном участке (включая Киринское месторождение) с созданием высокоточной скоростной модели для учета влияния локальных искажений от «газовых карманов» на строение целевых пластов и с учетом бурения эксплуатационных скважин, включая специальную обработку и интерпретацию данных сейсморазведочных работ 3Д в верхней части разреза для инженерно-геологических задач.» [Текст] / Е.С. Смирнова, В.И. Шегай, В.М. Тугушев, Е.Р. Шубина и др. // ООО «ПетроТрейс», Москва, 2018 г.

94. Смирнова, Е.С. Отчёт «Камеральные сейсморазведочные работы 3Д в пределах Киринского перспективного участка» [Текст] / Е.С. Смирнова, В.И. Шегай, В.М. Тугушев и др. // ООО «ПетроТрейс», Москва, 2016 г.

95. Смирнова, Е.С. Отчёт «Переобработка и переинтерпретация материалов сейсморазведки 3Д на Киринском перспективном лицензионном участке (включая Мынгинское месторождение) с созданием высокоточной скоростной модели для учета влияния локальных искажений от «газовых карманов» [Текст] / Е.С. Смирнова, Д.С. Коробань, Е.Р. Шубина и др. // ООО «ПетроТрейс», Москва, 2018 г.

96. Смирнова, Е.С. Отчёт «Специальная дополнительная обработка и комплексная переинтерпретация сейсмических данных 3Д для прогнозирования изменения коллекторских свойств (уточнение линии глинизации) с учетом пробуренных скважин №7 и №8 на Южно-Киринском месторождении» [Текст] / Е.С. Смирнова, В.И. Шегай, В.М. Тугушев и др. // ООО «ПетроТрейс», Москва, 2016 г.

97. Смирнова, Е.С. Отчёт «Создание высокоточной скоростной модели для учета влияния локальных искажений от «газовых карманов» на строение целевых пластов для проектирования разработки и уточнения запасов на Южно-Киринском месторождении» [Текст] / Е.С. Смирнова, В.И. Шегай, В.М. Тугушев и др. // ООО «ПетроТрейс», Москва, 2015 г.

98. Тузов, В.П. Отчет «Биостратиграфические исследования керна и шлама на Киринском лицензионном участке» [Текст] / В.П. Тузов, Л.И. Мирофанова и др. // ФГУНПП «Росгеолфонд», г. Южно-Сахалинск, 2013г.

99. Шаров, С.А. Отчёт «Переинтерпретация данных сейсморазведки с учётом бурения. Оперативный подсчёт запасов для представления в МПР РФ (Южно-Киринская структура)». [Текст] / С.А. Шаров, Я.И. Штейн, И.В. Яковлев, А.Ю. Барков и др. – ООО «Газпром ВНИИГАЗ», пос. Развилка, 2010 г.

ПЕРЕЧЕНЬ ИЛЛЮСТРАТИВНОГО МАТЕРИАЛА

СПИСОК РИСУНКОВ

Рис. 1. Обзорная схема изучаемого района (по материалам ВНИГНИ, 2019 г.).....	12
Рис. 2. Фрагмент стратиграфической схемы кайнозойского осадочного мегакомплекса Охотоморского региона (составил Харахинов В.В., 2019; основа: Сальников Б.А., Харахинов В.В., Шайнян С.Х., 1996 [62]; дополнения и исправления по материалам геолого-разведочных работ 2000–2018 гг.)	20
Рис. 3. Фрагменты палеофациальных схем по Л.С. Маргулису (2004 г.) [60].....	22
Рис. 4. Обстановки осадконакопления северного Сахалина по Б.А. Сальникову (2004 г.) [60]	23
Рис. 5. Тектоническая карта Циркумсахалинской нефтегазоносной субпровинции. Геологическая основа Сихотэ-Алиня — Геологическая карта Приамурья и сопредельных территорий масштаба 1 : 1 500 000 (Красный Л.И., Юньбяо П., 1996), о-ва Сахалин — Геологическая карта о-ва Сахалин масштаба 1 : 500 000 (Семенов Д.Ф., Сальников Б.А., Харахинов В.В., 1994) [62]	29
Рис. 6. Карта нефтегазоносности Восточно-Сахалинской нефтегазоносной суперзоны на основе тектонической карты (А) и схема месторождений нефти и газа (В) (Харахинов В.В., 2021 с дополнениями) [58]	32
Рис. 7. Субширотные временные сейсмические разрезы, иллюстрирующие принцип выполнения комплексной сейсмогеологической увязки.....	44
Рис. 8. Субмеридональный временной сейсмический разрез, иллюстрирующий принцип выполнения комплексной сейсмогеологической увязки.....	45
Рис. 9. Схема расположения опорных разрезов и основных структур – Киринский блок.....	46
Рис. 10. Сейсмогеологический разрез V - интервал нижнемиоценового дагинского горизонта (палеореконструкция на конец седиментационного цикла SB2)	47
Рис. 11. Сейсмогеологический разрез VI - интервал нижнемиоценового дагинского горизонта (палеореконструкция на конец седиментационного цикла SB2)	48
Рис. 12. Сейсмический разрез VII - интервал верхнемиоцен-раннеплиоценового нутовского горизонта (палеореконструкция на конец нижненутовского времени).....	50
Рис. 13. Сейсмический разрез VIII - интервал верхнемиоцен-раннеплиоценового нутовского горизонта (палеореконструкция на конец нижненутовского времени).....	51
Рис. 14. Карты изохрон отражающих горизонтов – Киринский блок	55
Рис. 15. Карты временных толщин между отражающими горизонтами – Киринский блок.....	56
Рис. 16. Карта разломов Сахалина и присахалинского шельфа (Харахинов В.В., 2010 г).....	57
Рис. 17. Трехмерная визуализация поверхности дагинского горизонта (ОГ 6) и атрибута когерентность интервала ОГ 6 ± 10 ms	59
Рис. 18. Карты толщин в интервале олигоцена и нижнего миоцена отражающее особенности развития Киринского сдвига и приуроченных к нему структур	60
Рис. 19. Схема расположения основных структур – Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки	62
Рис. 20. Карты изохрон отражающих горизонтов – Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки	63
Рис. 21. Карты временных толщин между отражающими горизонтами – Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки	64
Рис. 22. Сейсмические разрезы IX, X - кинематика Восточно-Сахалинского сдвига в районе Аяшского поднятия.....	67
Рис. 23. Трехмерная визуализация распределения среднего значения $\lambda\rho$ Reflectivity на структурной поверхности нижнего плиоцена (верхненутовский горизонт; ОГ 2) – Аяшский блок.....	71

Рис. 24. Сейсмический разрез XI - анализ динамических аномалий в интервале нижнего плиоцена (верхненутовский горизонт; ОГ 2) на участке Аяшского, Аркутун-Дагинского и Чайвинского участков.....	72
Рис. 25. Зональные карты изохрон по поверхности фундамента, палеогена, нижнего миоцена (дагинский горизонт)	74
Рис. 26. Зональные карты изохрон по поверхности среднего миоцена (окобыкайский горизонт), верхнего миоцена (нижненутовский подгоризонт), нижнего плиоцена (верхненутовский подгоризонт)	75
Рис. 27. Зональные карты временных толщин палеогенового, нижнемиоценового (уйнинский и дагинский горизонты) и среднемиоценового (окобыкайский горизонт) комплексов	76
Рис. 28. Зональные карты временных толщин верхнемиоценового (нижненутовский подгоризонт) и нижнеплиоценового (верхненутовский подгоризонт) комплексов.....	77
Рис. 29. Структурная карта поверхности нижнемиоценового дагинского горизонта (ОГ 6) ..	79
Рис. 30. Предполагаемая модель сдвиговой активности в северо-восточной части Сахалина и прилегающего шельфа. (основа – карта нефтегазоносности Восточно-Сахалинской нефтегазоносной суперзоны на основе тектонической карты,	80
В.В. Харахинов [7]).....	80
Рис. 31. Основные литологические типы пород и строение разреза на примере скважины № 4 Южно-Кириного месторождения.....	86
Рис. 32. Межскважинная корреляционная схема седиментационных циклитов по опорным скважинам Кириного блока	87
Рис. 33. Сейсмический разрез через скважины К2, К3, УК4, М1	89
Рис. 34. Базовые концепции и принципы сиквенс-стратиграфии	90
Рис. 35. Сиквенс-стратиграфическая схема позднедагинских отложений в районе Южно-Кириного поднятия.....	94
Рис. 36. Схемы толщин седиментационных комплексов дагинского горизонта.....	95
Рис. 37. Палеофациальные схемы основных седиментационных циклов дагинского горизонта	96
Продолжение рис. 37. Палеофациальные схемы основных седиментационных циклов дагинского горизонта.....	97
Рис. 38. Меридиональный временной сейсмический разрез через северо-восточный шельф острова Сахалин (палеорекострукция на конец нижненутовского времени)	99
Рис. 39. Субширотный временной сейсмический разрез (Харахинов, 2010 г) и палеорекострукция его восточного фрагмента на конец нижненутовского времени	100
Рис. 40. Сейсмогеологическая характеристика нутовского и помырского горизонтов в районе Восточно-Одоптинской и Аяшской структур	101
Рис. 41. Обстановки осадконакопления в позднем миоцене (ранненутовское время)	105
Рис. 42. Прогнозные карты эффективных толщин в интервале раннего плиоцена полученные по результатам импедансно-фациальной (Ji-Fi) инверсии сейсмических данных	107
Рис. 43. Обстановки осадконакопления в раннем плиоцене (поздненутовское время).....	108
Рис. 44. Результаты сейсмогеологического анализа выполненного в интервале помырского горизонта.....	112
Рис. 45. Ранний миоцен (дагинский горизонт), схема перспективных участков шельфа северо-восточного Сахалина	115
Рис. 46. Поздний миоцен (нижненутовский подгоризонт), схема перспективных участков шельфа северо-восточного Сахалина	118
Рис. 47. Ранний плиоцен (верхненутовский подгоризонт), схема перспективных участков шельфа северо-восточного Сахалина	120
Рис. 48. Верхний плиоцен (помырский подгоризонт), схема перспективных участков шельфа северо-восточного Сахалина	122

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1 Структура запасов месторождений на шельфе Охотского моря по состоянию на 01.01.2020.....	33
Таблица 2 Сводная таблица взаимной корреляции пластов дагинского горизонта на Киринском ЛУ	49
Таблица 3 Сводная таблица стратиграфического и пластового расчленения разреза нутовского горизонта.....	52