

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

МОСКВА – 2022

Работа выполнена в обществе с ограниченной ответственностью
«ПетроТрейс»

Научный руководитель:

кандидат геолого-минералогических
наук
Толстиков Алексей Владимирович

Официальные оппоненты:

Обухов Александр Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт» (ФГБУ «ВНИГНИ»)

Дзюбло Александр Дмитриевич, доктор геолого-минералогических наук, заместитель заведующего кафедрой освоения морских нефтегазовых месторождений по научной работе, профессор ФГАОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина»

Ведущая организация:

ООО «Газпром недра»

Защита состоится «20» сентября 2022 года в 13 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 511.001.01, созданного на базе ООО «Газпром ВНИИГАЗ», по адресу: 142717, Московская область, г.о. Ленинский, пос. Развилка, Проектируемый проезд № 5537, здание 15, строение 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и на сайте <http://www.vniigaz.gazprom.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.ф.-м.н.

Бузников Никита Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В последние годы, на сахалинском шельфе проведен значительный объем буровых и сейсморазведочных работ, что позволило уточнить модели строения и перспективы его отдельных участков. Эти данные использовались для решения локальных нефтегазопроисловых задач. 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 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 шельфа северо-восточного Сахалина, а также выполнен анализ актуальных представлений о строении и истории формирования этого района. Выполнена сейсмогеологическая увязка материалов и прослежены зональные закономерности структурно-тектонической эволюции и особенности формирования целевых и перспективных комплексов осадочного чехла. Сформулирована 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. Актуальность результатов диссертационного исследования подкрепляется рядом факторов: Охотоморский шельф является важнейшим участком акватории России по разведанным запасам и объемам добычи на шельфе; в северо-восточной части Сахалина и прилегающем шельфе хорошо развита нефтегазотранспортная инфраструктура; большая часть месторождений северного Сахалина и прилегающего шельфа в значительной степени истощен, что требует активного восполнения минерально-сырьевой базы.

Степень разработанности темы

Изучение особенностей геологического строения северного Сахалина и прилегающего шельфа имеет давнюю историю. Оно началось в 60х годах прошлого века и продолжается по сей день.

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., а в 2010 году Харахинов В.В. 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 структурно-тектонической эволюции и особенности строения 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 сейсмостратиграфической модели;

– построение карт изохрон поверхности опорных сейсмостратиграфических границ на основе результатов интерпретации материалов сейсморазведки 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 таких перспективных объектов 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. 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). 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, которая развивались синхронно с активностью Восточно-Сахалинского сдвига на протяжении миоцена и плиоцена. 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 шивка и увязка карт изохрон разных лет для построения зональных карт. Выполнен расчет динамических атрибутов.

Объём и структура работы

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения; содержит 139 страниц, 48 рисунков и 3 таблицы. Список литературы включает 99 наименований.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю кандидату геолого-минералогических наук А.В. Толстикovu 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. Соловьёву, 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».

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Геологическое строение и нефтегазоносность северо-восточного шельфа острова Сахалин

В геологическом строении рассматриваемой территории принимают участие песчано-глинистые отложения кайнозойского осадочного чехла, подстилаемые метаморфическими породами фундамента.

Согласно нефтегазагеологическому районированию площадь относится к (с севера на юг) Восточно-Шмидтовскому и Одоптиснко-Чайвинскому нефтегазоносным районам (НГР), а также Киринскому подрайону Дагинского НГР, Северо-Сахалинского промышленно-нефтегазоносного бассейна, Охотской нефтегазоносной провинции. 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.

Объектом исследования являются основные продуктивные на северо-восточном шельфе острова Сахалин отложения раннемиоценового дагинского горизонта; позднемиоценового нижненутовского подгоризонта; раннеплиоценового верхненутовского подгоризонта. А также, отложения перспективного позднеплиоценового помырского горизонта.

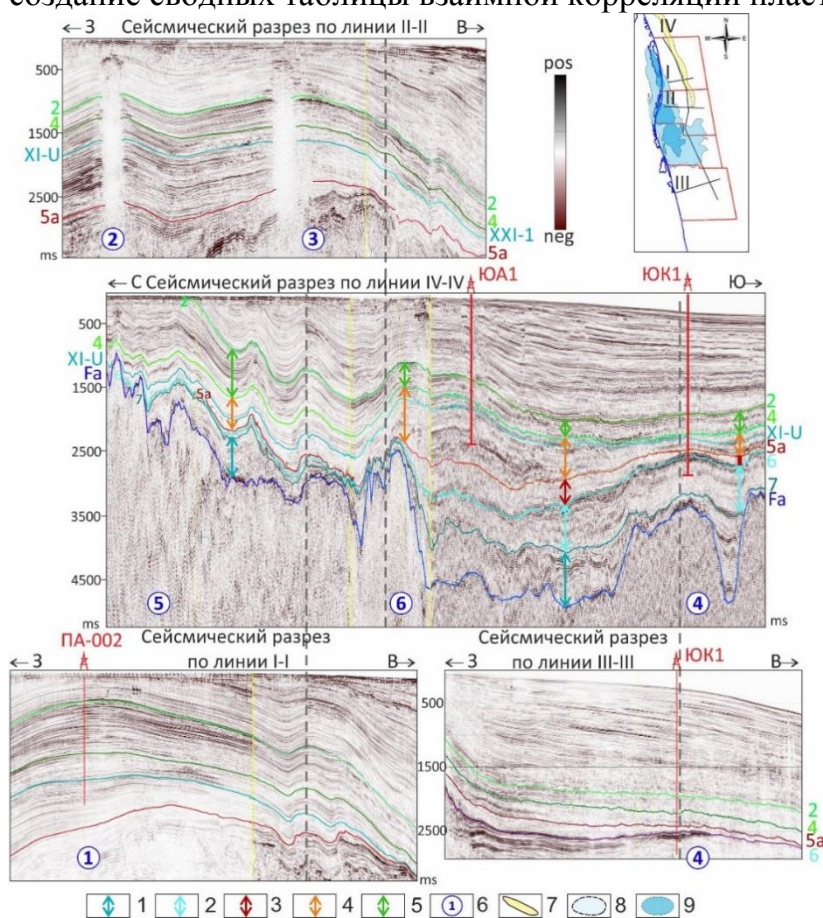
Глава 2. Сейсмогеологический анализ

Разрез осадочного чехла исследуемого участка Сахалинского шельфа подразделяется на 5 структурно-стратиграфических комплексов (ССК), каждый из которых связан с важнейшими этапами развития территории. В пределах изучаемой

площади традиционно выделяется 7 таких комплексов: Палеогеновый ССК (ОГ Fa – ОГ 7); Олигоценый (мачигарско-даехуриинский) ССК; Уйнинско-дагинский ССК (ОГ 6); Окобыкайский ССК (ОГ 6 - ОГ 5a); Нижненутовский подкомплекс (ОГ 5a - ОГ 4); Верхненутовский подкомплекс (ОГ 4 – ОГ 2). В рамках диссертационного исследования также выделена условная поверхность помырского горизонта. Её маркирует сейсмический отражающий горизонт 1.

На начальном этапе настоящей работы было выполнено обобщение разнородных данных предшествующих работ. 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 сейсмостратиграфического расчленения кайнозойского осадочного чехла.

Результаты комплексной сейсмогеологической интерпретации иллюстрируют некоторые из субширотных разрезов и объединяющий их, субмеридиональный профиль (рис. 1). Аналогичным образом, была выполнена взаимная увязка основных продуктивных пластов дагинских и нижненутовских отложений, а также наиболее ярко выраженных седиментационных циклов верхнего миоцена (верхненутовский подгоризонт). Одним из важных результатов проведённых исследований стало создание сводных таблицы взаимной корреляции пластов горизонтов (табл. 1, 2).



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 – Аяиская); 7 – предполагаемые границы Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны; 8 – Северо-Сахалинский прогиб; 9– депоцентры нижненутовского времени

Рис. 1. Временные сейсмические разрезы, иллюстрирующие принцип выполнения комплексной сейсмогеологической увязки

Глава 3. Тектоническое строение и история развития

Изучение особенностей структурно-тектонической эволюции изучаемой площади осложнялось её неравномерной изученностью, 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. Он расположен между Киринским и объединенным Аяшским и Восточно-Одоптинским участками осложняя совместный анализ имеющихся данных (рис. 2). Поэтому, сначала были изучены южная (Киринский блок) и северная (Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки) части северо-восточного шельфа о-ва Сахалин по-отдельности, а затем выполнялся совместный анализ полученных результатов и их обобщение с региональными данными и материалами по сопредельным участкам с целью выявления зональных закономерностей.

Таблица 1

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 | ПетроТрейс 2018 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

Таблица 2

Сводная таблица стратиграфического и пластового расчленения нутовского

| Аналоги | Пильтун-Астох | Чайво | Аркутун-Даги | Нептун (Аляшская-1) | Тритон (Баутинская-1) | Южно-Аяшский |
|------------------------------|---------------|--------------|--------------|----------------------|----------------------------|----------------|
| | ОПЗ | ОПЗ | Эксон-мобил | Газпром нефть | н/д* | Фугро-Джейсон |
| Верхнегутловский подгоризонт | 2 | - | - | - | - | - |
| | 2-4 | - | - | - | V | - |
| | 2-3 | - | - | - | VI | - |
| | 2-2 | - | - | - | VII/VIII | - |
| | 2-1 | - | - | - | IX-X | - |
| Нижнегутловский подгоризонт | 4 | - | - | - | XI/XII | - |
| | X | XII/XVI-XVII | - | X-TU_top/X-L_top | XII-XIV/XVI-XVII/XVIII/XIX | - |
| | XI-U | XVIII/XXI_5 | - | XI_topU | XX | XIX-XXII |
| | XIII_U | XXII_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

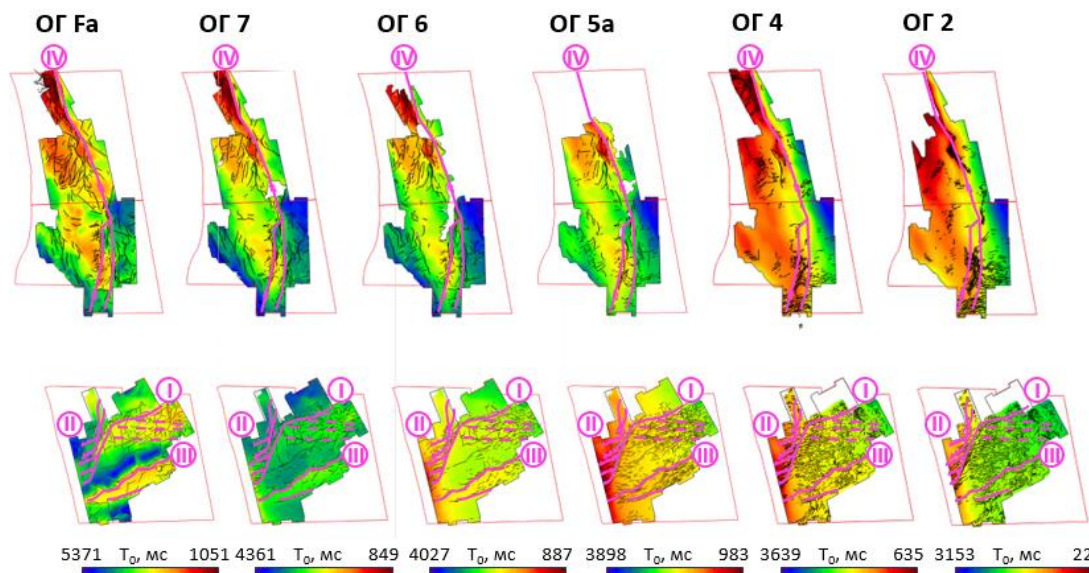
1 – нефть; 2 – газ; 3 – интервал не вскрыт скважинами; 4 – нет данных по принятой индексации пластов

Палеоген

Четыре этапа кайнозойского развития Сахалинского региона (палеоценовый; ранне-среднеэоценовый; средне-позднеэоценовый; позднеолигоценовый), оказали ограниченное влияние на северо-восточный шельф о-ва Сахалин. В основном она проявилась в северной части изучаемого района, где проявлялась активностью Восточно-Сахалинского сдвига. Наиболее выраженные из них располагаются в

районе Аяшко-Дагинской приподнятой зоны, восточный блок которой смещен на 13 км к югу. В остальном, мощности палеогена достаточно хорошо выдержаны по всей площади Аяшского и Восточно-Одоптинского блоков (см. рис. 2). 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. 1).

Зональные карты изохрон



Зональные карты временных толщин

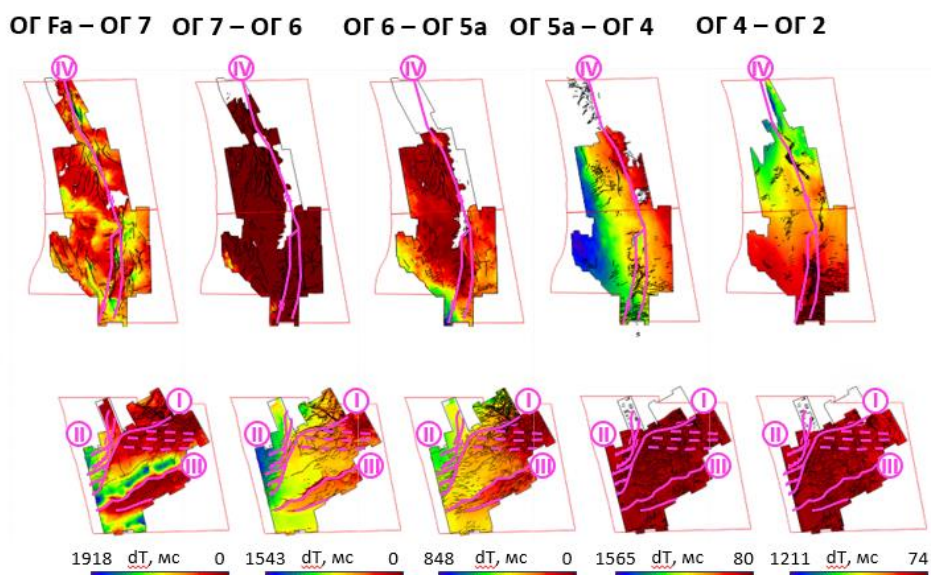


Рис. 2. Зональные карты изохрон и временных толщин

Названия сейсмических отражающих горизонтов: **OG Fa** - поверхность фундамента; **OG 7** - поверхность Палеогена; **OG 6** – поверхность дагинского горизонта (нижний-средний миоцен); **OG 5a** – поверхность окобыкайского горизонта (средний миоцен); **OG 4** – поверхность нижненутовского подгоризонта (средний-верхний миоцен); **OG 2** – поверхность верхненутовского подгоризонта (нижний плиоцен). **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

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 (Кириńskiego мегаподнятия), которая занимает всю северную и северо-восточную часть Кириńskiego блока (см. рис. 2). Современные Киринская и Южно-Киринская структуры не имели самостоятельного значения. В домиоценовое время они являлись частью Кириńskiego мегаподнятия.

Можно констатировать ограниченное 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.

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 глубоководной котловине. 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 Кириńskiego блоков;
- интенсивное формирование Северо-Сахалинского прогиба и его депоцентров;
- активизация Прибрежного и Кириńskiego сдвигов спровоцировала разрушение Кириńskiego мегаподнятия и формирование Киринской и Южно-Киринской.

Результаты диссертационных исследований указывают на определяющее влияние сдвиговой тектоники на формирование Южно-Кириńskiego поднятия. На участке между Прибрежным сдвигом и Совгаванским региональным сбросом формируется зона проседания-растяжения (pull-apart). Сложное взаимодействие сдвиговых дислокаций обусловило вращение и воздымание Южно-Кириńskiego поднятия и синхронное погружение Мынгинской синклинали. Эти процессы сопровождалась формированием множества разнонаправленных сколов на этом участке, определивших блоковое строение приуроченных к этому объекту залежей (рис. 3).

Учитывая важную структуроформирующую роль сдвиговых дислокаций в пределах изучаемой площади, была построена обобщенная структурная карта нижнемиоценового дагинского горизонта Кириńskiego 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 указывает на их схожий генезис и приуроченность к присдвиговым веерам сжатия. То есть, каждая из этих структур маркирует начало сдвига, что подразумевает более широкое развитие таких разрывных нарушений в северо-восточной части Сахалинского шельфа, чем считалось ранее (рис. 4).

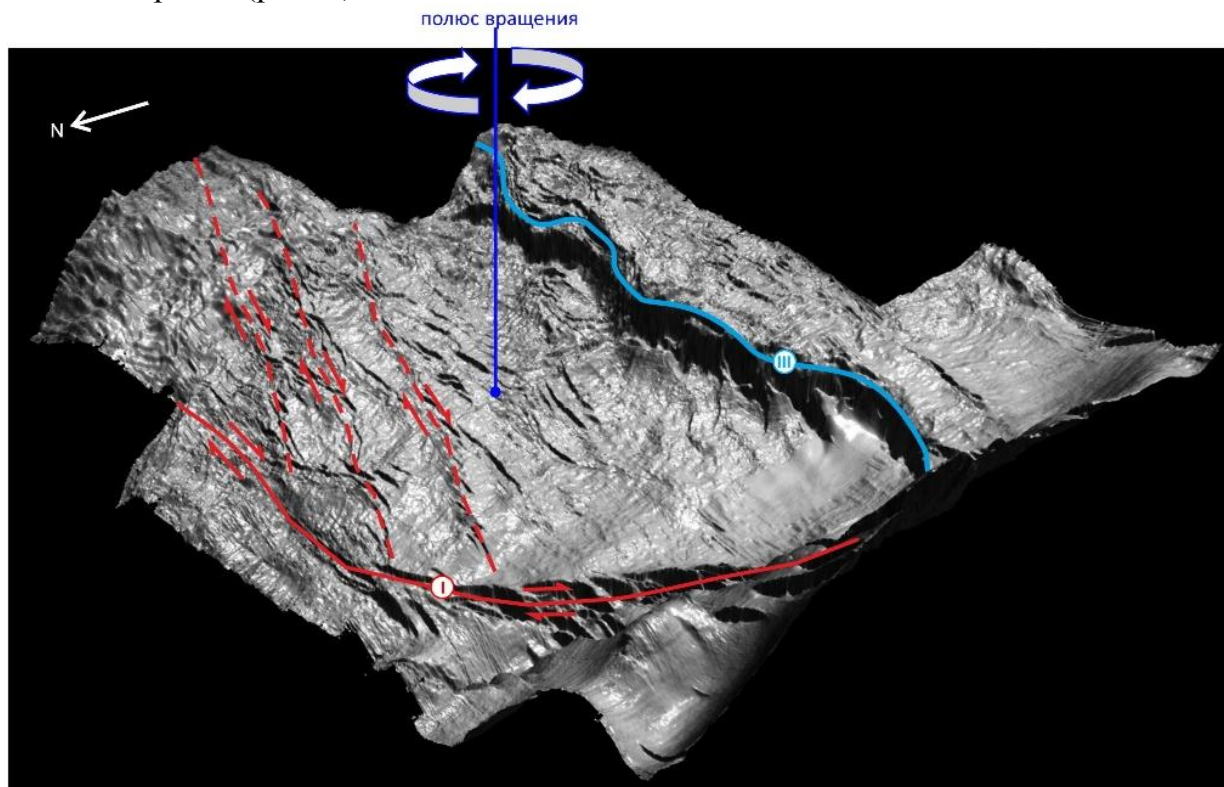


Рис. 3. Трехмерная визуализация поверхности дагинского горизонта (ОГ 6) и атрибута когерентность интервала ОГ 6±10 ms

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. 5). 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 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, определив ареал нефтегазоносности Уйнинско-Дагинского комплекса в пределах северо-восточного шельфа острова Сахалин.

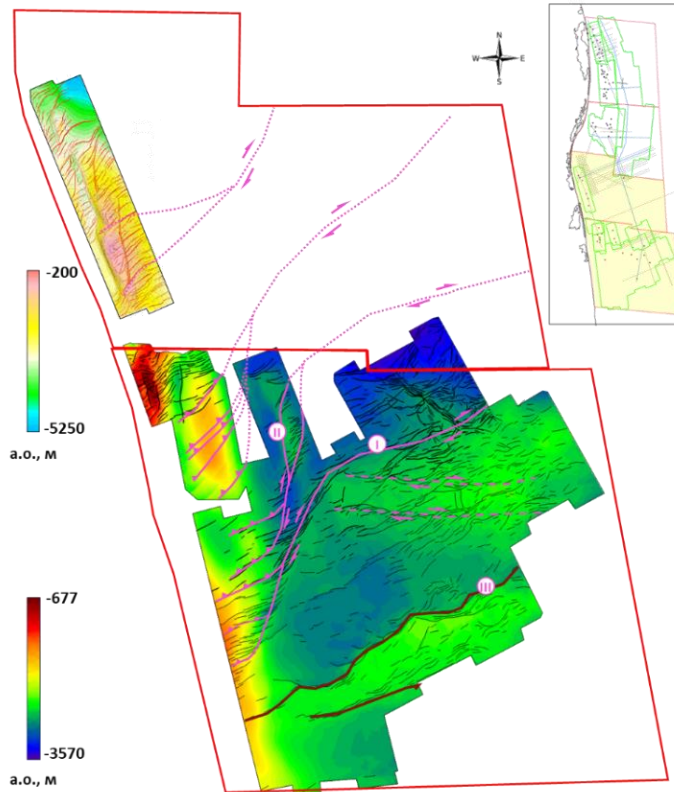


Рис. 4. Структурная карта поверхности нижнемиоценового дагинского горизонта (ОГ 6)

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

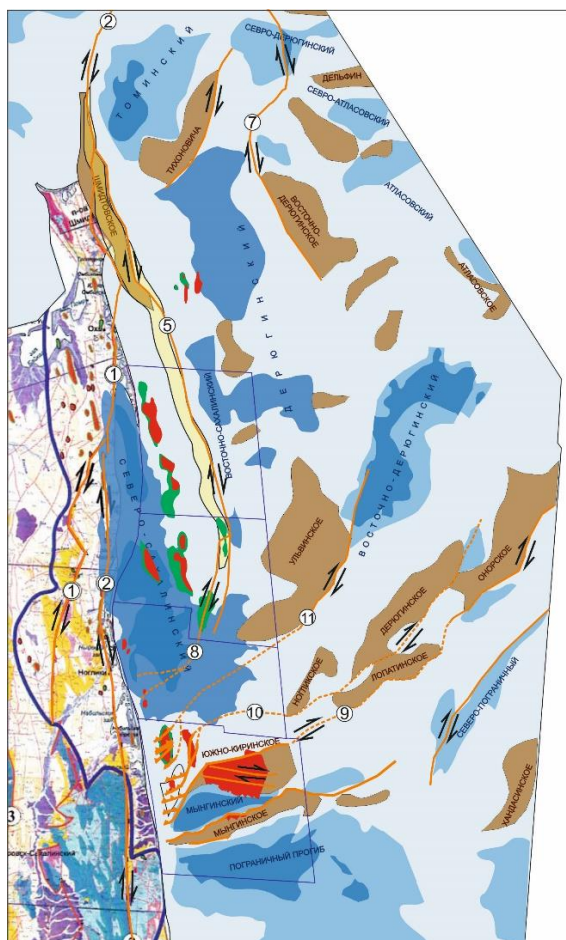


Рис. 5. Предполагаемая модель сдвиговой активности в северо-восточной части Сахалина и прилегающего шельфа

1 – прогибы с толщиной осадочных отложений >7 км; **2** – поднятия; **3** – разломы; **4** – сдвиги; **5** – крупные разломы (**1** – Срединно-Сахалинский, **2** – Хоккайдо-Сахалинский, **3** – Центрально-Сахалинский, **4** – Совгаванский (Мы́нгинский), **5** – Восточно-Сахалинский, **6** – Пограничный, **7** – Восточно-Дерюгинский, **8** – Аукан-Лунский, **9** – Прибрежный, **10** – Кири́нский, **11** – Ульвинский); **месторождения УВ (6-8):** **6** – нефтяные; **7** – газоконденсатные; **8** – нефтегазоконденсатные; **9** – предполагаемые границы Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны

Средне-позднемиоценовый этап

Среднепозднемиоценовый этап тектонической активности (15,5–5 млн лет) сопровождался активизацией Восточно-Сахалинского сдвига, который привел к

интенсивному воздыманию Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны (Аяшский и Восточно-Одоптинский блоки). Это сильно отразилось на характере развития среднемиоценовых отложений (окобыкайский горизонт; ОГ 5а) в пределах изучаемой площади. Их мощность сильно сокращается с юга на север, вплоть до полного отсутствия в районе Восточно-Одоптинской структуры, где происходила интенсивная денудация (см. рис. 1, 2). 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, что говорит о завершении формирования Циркумсахалинской депрессии, определявшей трансензионный режим и высокую амплитуду сдвигов субширотного и северо-восточного направления в раннемиоценовое время. Резкое снижение уровня океана привело к быстрой проградации дельты Палеоамура, обеспечившей основной привнос обломочного материала на север Сахалина. Максимальные мощности позднего миоцена (нижненутовский подгоризонт) локализуются к западу от Восточно-Одоптинской структуры и отражают положение восточной границы дельты Палеоамура. Активный привнос осадков привел к быстрой компенсации палеоструктурного плана в этой части бассейна. В южной части изучаемой площади, преобладают минимальные толщины (см. рис. 2) 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. 2).

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 также определили высокий углеводородный потенциал сахалинского шельфа. Они выступили в качестве ключевого элемента флюидодинамической системы, обеспечив эффективную вертикальную миграцию УВ. 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 отметит важнейшую роль сдвигов на нефтегазоносность изучаемого района.

Глава 4. Актуализация модели строения продуктивных пластов миоцена и плиоцена на северо-восточном шельфе острова Сахалин

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 1 видно, что мощности донутовской 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 верхненутовских осадков постепенно увеличивается с юга на север, достигая максимума вблизи свода Восточно-Одоптинской антиклинальной зоны.

Нижний миоцен (дагинский горизонт)

Изучение особенностей строения разреза позволило сделать вывод, что большую часть средне-познедагинского 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 парасикквенсов завершает резкое повышение относительного уровня моря, в результате чего регрессия, преобладавшая все дагинское время, сменяется трансгрессией. Анализ каротажных кривых и керна указывает на агградационный характер седиментационного цикла SB1, что объясняет и частую смену положения относительного уровня моря, и большой объем осадков, накопившихся в это время. Завершает формирование дагинского горизонта ретроградационный цикл SB0. В пределах Киринского блока он имеет локальное развитие и представлен только в его северо-западной части (рис. б).

Верхний миоцен-нижний плиоцен (нутовский горизонт)

В составе этого горизонта выделяется два подгоризонта: нижненутовский и верхненутовский. В рамках диссертационного исследования отмечены 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 (см. рис. 1). Но в конце миоценового времени, на уровне сейсмического отражающего горизонта XI_U происходит смена этой тенденции. Толщины в интервале горизонтов XI-U – 4 постепенно сокращаются с севера на юг, и с запада на восток. 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:

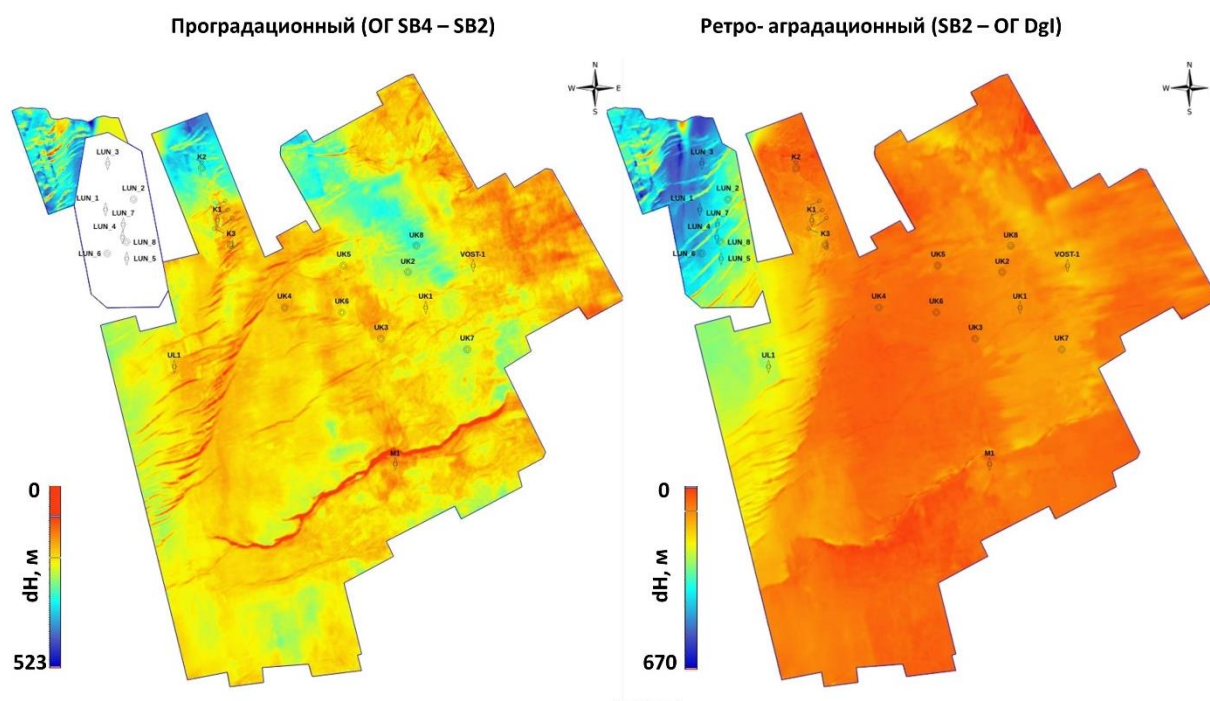


Рис. 6. Схемы толщин седиментационных комплексов дагинского горизонта

Основным результатом проведенных исследований стало составление фациальных схем основных седиментационных циклов дагинского горизонта, к которым приурочены продуктивные и перспективные горизонты Дагинского нефтегазоносного района (рис. 7). 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. 1) 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.

Поздний миоцен (нижненутовский подгоризонт)

Нижний интервал этого подгоризонта (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 синклиналим зонам. Обе они на протяжении ранненутовского времени выступали в качестве седиментационных депоцентров.

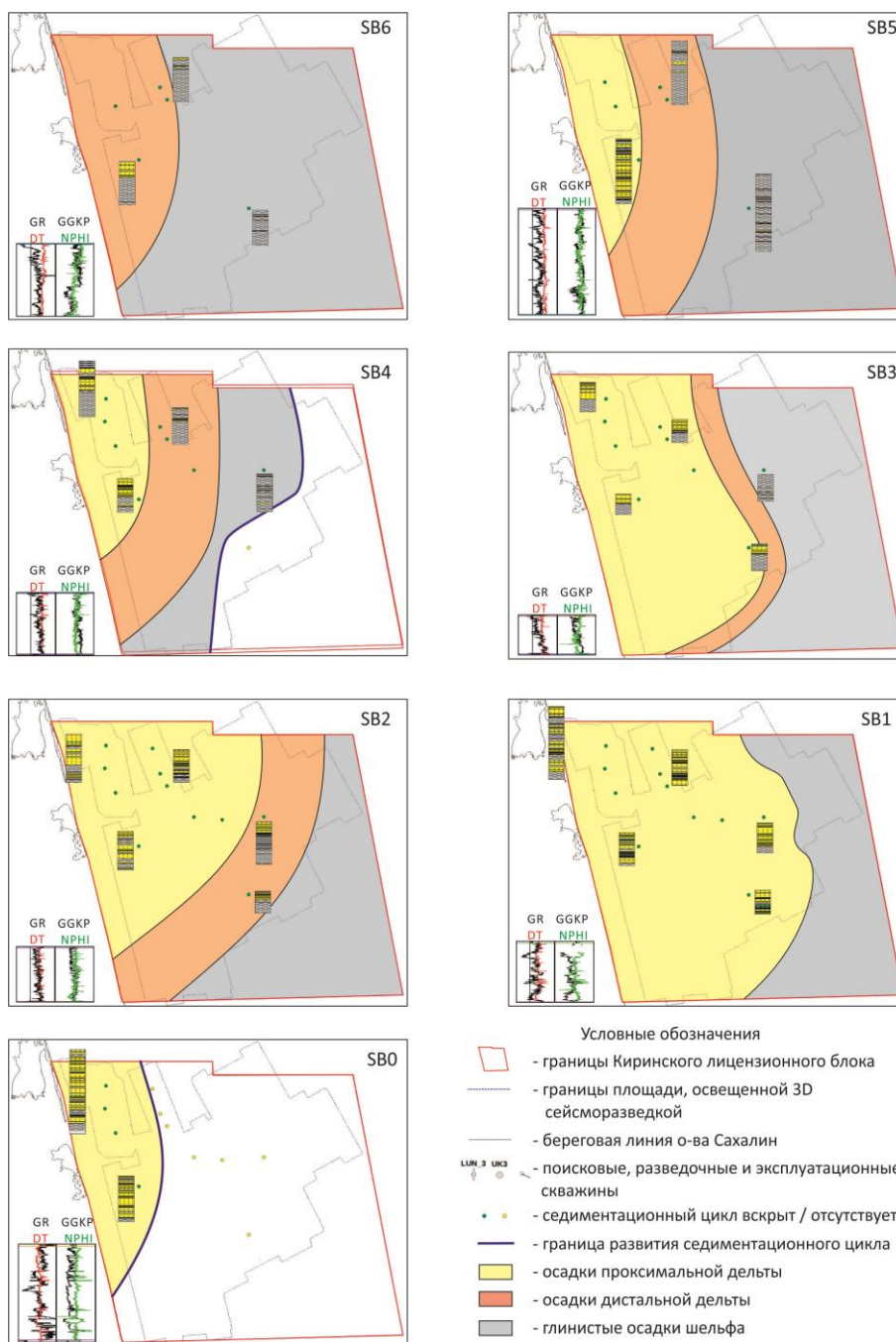


Рис. 7. Палеофациальные схемы седиментационных циклов дагинского горизонта

Влияние палеоструктурного плана на особенности накопления и распределения ранненутовских отложений было неравномерным и снижалось по мере заполнения бассейна. Одновременно происходила проградация дельты Палеоамура и расширения ареала формирования фанов 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. Эта тенденция отмечалась и ранее в схемах осадконакопления, составленных Л.С. Маргулисом и Б.А. Сальниковым.

В пределах изучаемого участка Сахалинского шельфа, тенденцию к расширению этой палеodelьты в юго-восточном направлении поддержал обширный Чайвинско-Венинский седиментационный депоцентр. Его компенсация была непродолжительной и в основном завершилась с накоплением XVII пласта (рис. 8, см. табл. 2), после чего ареал накопления позднемiocеновых осадков расширился за

счет сопредельных к Чайвинско-Венинскому прогибу участков Северо-Сахалинского прогиба. Его захоронение привело к еще большему 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 проведенных исследований, была подготовлена уточненная схема обстановок осадконакопления в позднем миоцене (рис. 9). Во многом она наследует опубликованной ранее палеофациальной схеме Б.А. Сальникова, уточняя ее за счет анализа новейших данных. Но в южной части исследуемой площади впервые выделена обширная зона предполагаемого накопления песчаных отложений, связанных с Восточно-Сахалинским эрозионным выступом. Основанием для этого стал набор динамических атрибутов, показавший развитие ярких положительных амплитуд в западной части Киринского блока (см. рис. 9). Существование такого источника сноса прогнозировалось предыдущими исследователями (Маргулис Л.С., Сальников Б.А.), но выполненные работы впервые позволили локализовать персептивный участок и определить критерии дальнейшего изучения. Учитывая то, что данный источник сноса приурочен к северному окончанию обширного эрозионного выступа, которому в современном рельефе отвечает система Восточно-Сахалинских гор, можно ожидать 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) нижненутовского подгоризонта формировался в условиях трансгрессии моря и сопровождался ретроградацией дельты Палеоамура. Как следствие активность локальных источников сноса в этот период сократилась или прекратилась полностью.

Мощности исследуемого интервала разреза постепенно сокращаются с севера на юг, и с запада на восток (см. рис. 8). Совместный анализ скважинных и сейсмических данных показал, что 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 (см. рис. 9).

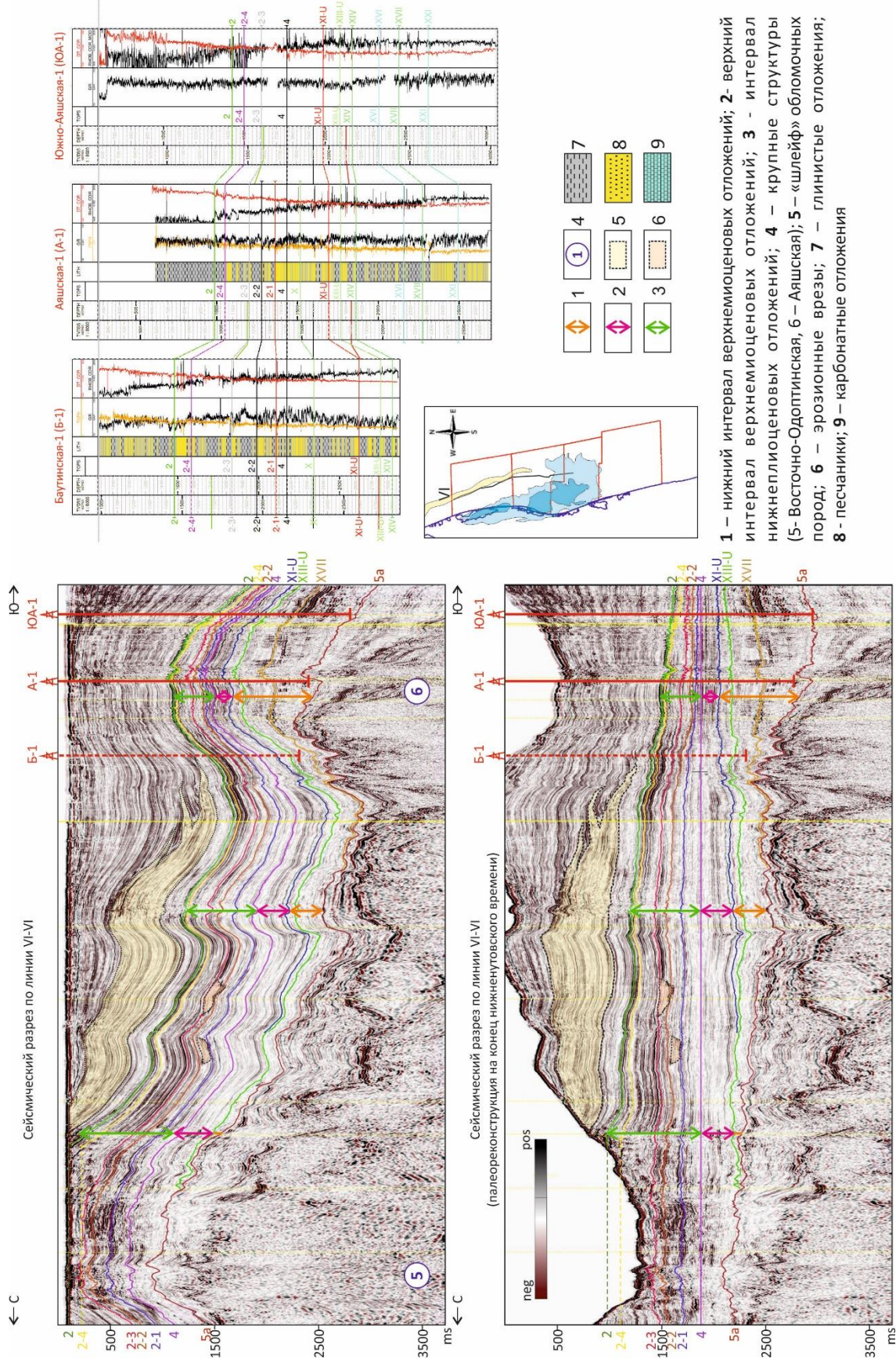


Рис. 8. Сейсмогеологическая характеристика нутовского и помырского горизонтов в районе Восточно-Одoptинской и Аяшской структур

ранненутовское время (средний-поздний миоцен)

поздненутовское время (ранний плиоцен)

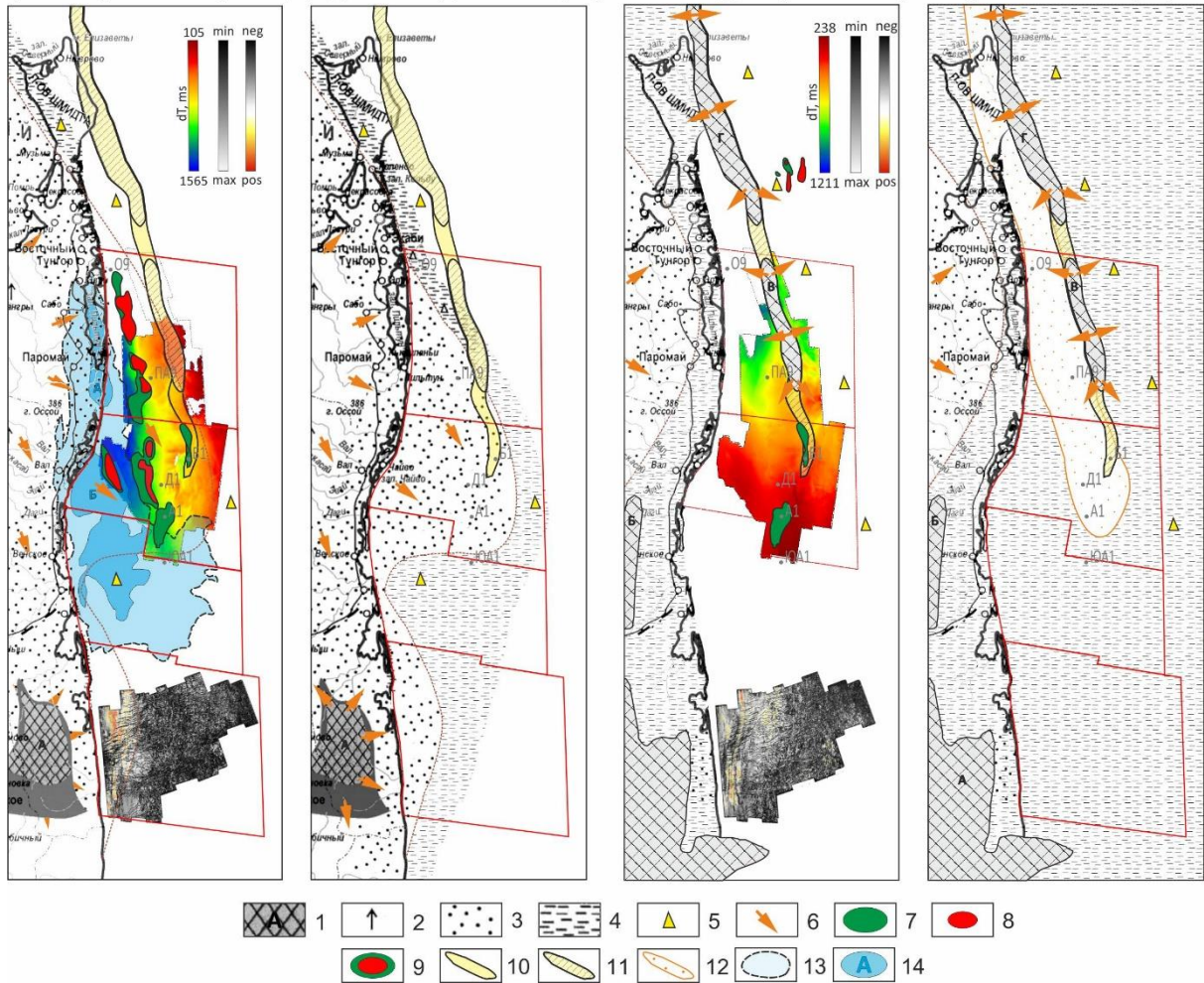


Рис. 9. Обстановки осадконакопления в нутовское время

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 – область накопления обломочных материалов, снесенных с Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны; 13 – Северо-Сахалинский прогиб; 14 – депоцентры нижненутовского времени (А – Пильтунский; Б – Чайвинско-Венинский)

Ранний плиоцен (верхненутовский подгоризонт)

Формирование этого комплекса происходило на фоне дальнейшей трансгрессии моря. 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. Большая часть которого выносилась вглубь бассейна, что привело к формированию системы глубоководных конусов выноса вдоль восточного крыла Одоптинско-Шмидтовской приподнятой зоны. Существование и продуктивность таких тел подтверждают месторождения Пела-Лейч, Удачное, Васюканское. К

западу от эрозионного выступа также происходило накопление обломочных осадков. Их транспортировка происходила по системе каналов. Некоторые из них хорошо видны в сейсмическом волновом поле (см. рис. 8).

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-3D Аяшского и Восточно-Одоптинского блоков и результаты динамического анализа на Киринском блоке (см. рис. 9). На карте толщин видно интенсивное сокращение мощности нижнеплиоценового комплекса с севера на юг. К западу от эрозионного выступа максимальные толщины (синий и зеленый цветкод) отражают основную область накопления обломочного материала. Карта амплитуд отражает отсутствие ярких аномалий, что говорит об однородности глинистого разреза в пределах Киринского блока.

Поздний плиоцен (помырский горизонт)

Осадконакопление в позднеплиоценовое время происходило на фоне регрессии моря. Это привело к очередному этапу выдвигания дельты Палеоамура и 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. 8).

В южной части изучаемого района, удалось впервые выделить и локализовать глубокоководные 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. 10) уверенно выделяется серия фанов и питающих их каналов. По всей видимости, эти тела сформированы 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 (Киринский 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.

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.

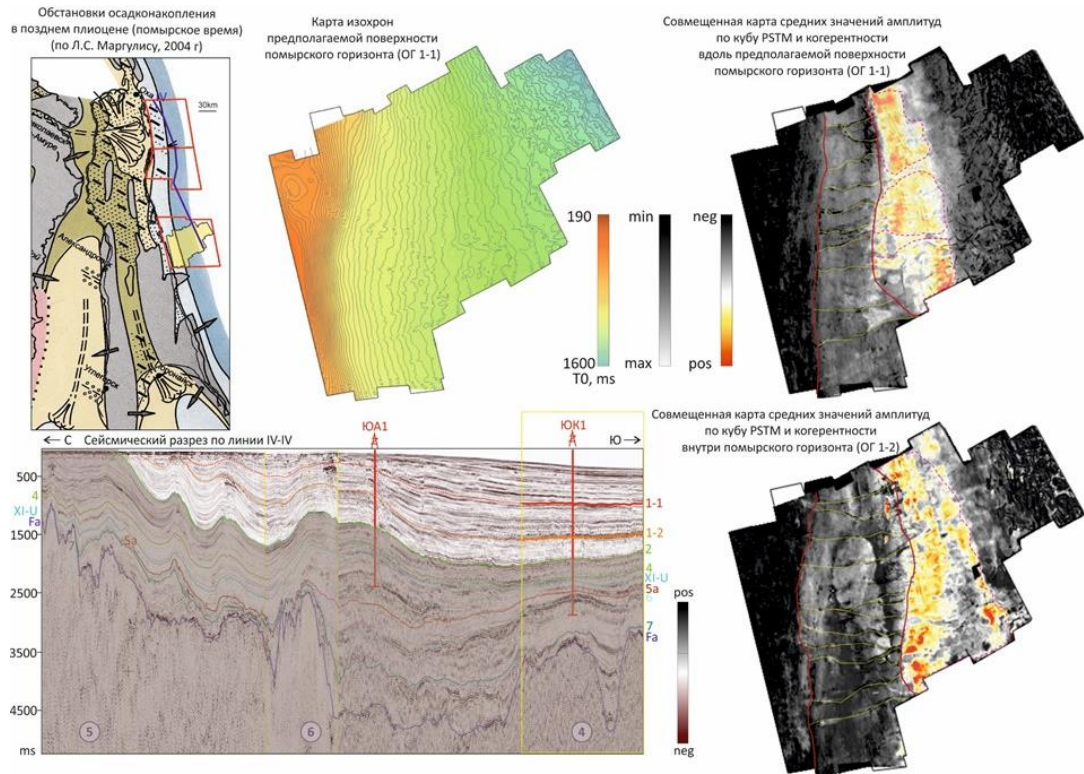


Рис. 10. Результаты сейсмогеологического анализа, выполненного в интервале помурского горизонта (поздний плиоцен)

Глава 5. Перспективные направления дальнейших нефтегазопроисковых исследований на северо-восточном шельфе острова Сахалин

Результаты диссертационного исследования позволяют определить наиболее перспективные для дальнейших нефтегазопроисковых работ участки шельфа северо-восточного Сахалина. Рассмотрим их в составе трех нефтегазоносных комплексов (НГК), выделенных в интервале отложений миоцена и плиоцена (рис. 11):

Уйнинско-Дагинский НГК – проведенные исследования показали, что основные перспективы этого комплекса связаны с обширной зоной прибрежного шельфа расположенного восточнее система Восточно-Сахалинских гор. Интенсивный снос обломочного материала на фоне региональной регрессии моря мог обеспечить широкое накопление песчаных отложений на большей части восточного шельфа острова Сахалин, от Луньского залива до полуострова Терпения.

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 нефтегазопроисковых 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.

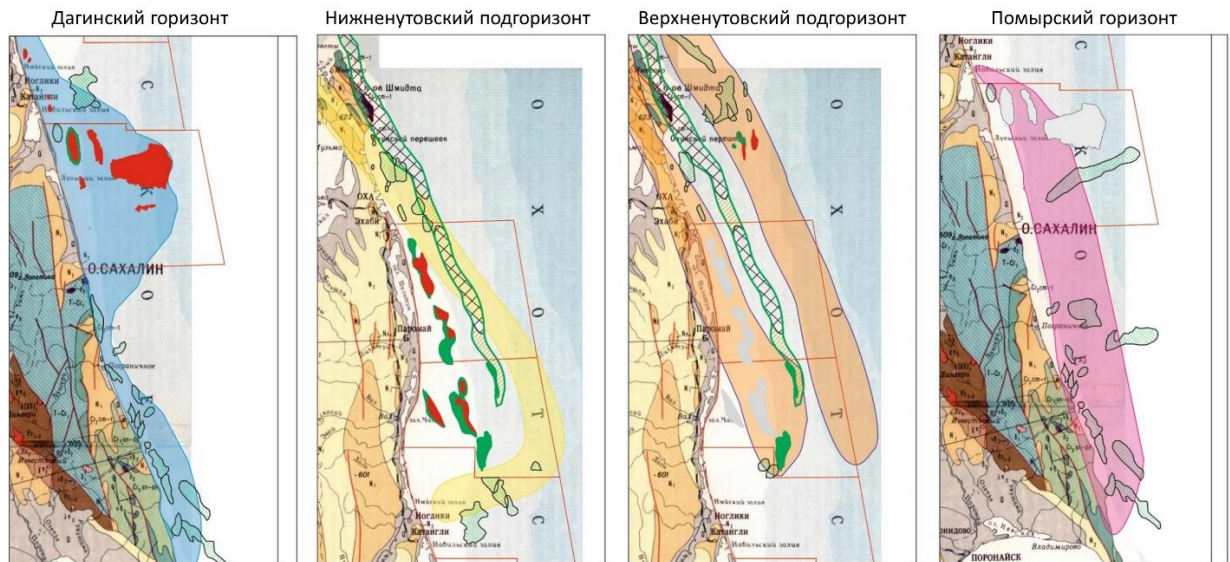


Рис. 11. Сводная схема перспектив миоцена и плиоцена в северо-восточной части сахалинского шельфа

Окобыкайско-Нижненутовский НГК – потенциал этого интервала разреза на шельфе северо-восточного Сахалина в значительной степени исчерпан. Поиск и выделение новых нефтегазопоисковых объектов затрудняет неравномерное развитие резервуарных толщ, связанное с отсутствием устойчивых покровов.

Тем не менее, диссертационные исследования позволили выделить несколько перспективных для поиска нефти и газа в интервале нижненутовского подгоризонта участков шельфа. Один из них располагается к северу от участка Одопту-море. Здесь развиты преимущественно глинистые фации внешнего шельфа, 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. 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 них: Айяшская литологическая и Восточно-Венинская (см. рис. 11). Большие глубины залегания целевого пласта снижает их привлекательность для поиска нефти и газа, тем не менее, они требуют дальнейшего изучения.

Как упоминалось выше, 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. 9). 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 - 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. 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 структуры 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. 10). По всей видимости, эти фаны сформировались 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 согласиться 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 сохраниться 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 УВ.

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. 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.

Важно отметить, что наличие литологических резервуаров не гарантирует формирование залежей. На сегодняшний день, в пределах изучаемого района не установлено ни одного скопления УВ 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 (см. рис. 12). Наиболее крупные из них: Лунское, Киринское, Центрально-Пограничное, Нерпичья (море), Варваринская, Борисовская, Гвоздевская и др. Коллекторы помырского горизонта также могут быть развиты в восточной части Мынгинского и Южно-Кириного 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.

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

Заключение

Результаты диссертационной работы сводятся к следующему:

1. По данным сейсмических и скважинных данных прослежены границы основных сейсмостратиграфических комплексов северо-восточного шельфа острова Сахалин, а также выполнена корреляция вспомогательных границ в целевых и перспективных интервалах осадочного чехла, что позволило выполнить увязку продуктивных платов разных месторождений.

2. Сформулирована зональная модель структурно-тектонической эволюции площади, подчеркивающая важное влияние раннемиоценового и плиоцен-четвертичного этапов тектонического развития площади, определивших современный облик северо-восточного сектора Сахалинского шельфа.

3. Подтверждена важнейшая структурообразующая и флюидодинамическая роль сдвиговой тектоники на изучаемой площади. Построена модель сдвиговой активности в северо-восточной части Сахалина и прилегающего шельфа.

4. Отмечено синхронное развитие группы поднятий, приуроченных к Восточно-Сахалинскому сдвигу, на основании чего они объединены в обширную Одоптинско-Шмидтовскую приподнятую зону.

5. На основе детальной корреляции разрезов скважин и путем применения комплексов методических приемов изучены особенности строения целевых отложений миоцена и плиоцена, построены уточнённые палеофациальные схемы и выявлены перспективные для дальнейших нефтегазопромысловых работ участки Сахалинского шельфа.

6. Обоснована важная роль Восточно-Сахалинского, Восточно-Одоптинского и предположительно Шмидтовского эрозионных выступов, обеспечивших накопление обломочных осадков на всем протяжении Сахалинского шельфа от Луньского залива до полуострова Терпения, а также вблизи западного борта Восточно-Сахалинского и Дерюгинского прогибов.

7. Выделены и научно обоснованы перспективные участки шельфа для поиска новых залежей УВ в целевых и перспективных отложениях миоцена и плиоцена.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. 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. Толстиков // Геология нефти и газа. – 2022. – № 2. – С. 31–44. DOI: 10.31087/0016-7894-2022-2-31-44.

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

Работы, опубликованные в других изданиях:

3. Шегай, В.И. Особенности осадконакопления и формирования резервуаров верхненутовско-помырского комплекса Восточно-Одоптинской зоны / Шегай В.И., Штейн Я.И. // Тезисы докладов 17-й научно-практической конференции по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа «Геомодель 2015» – 2015.

4. Шегай, В.И. Некоторые аспекты накопления и распределения осадков нутовского времени в северо-восточной части Сахалинского шельфа / Шегай В.И., Крекнин С.Г., Хоштария В.Н., Зелезняк Ф.Ф. // Тезисы докладов 4-й международной научно-практической конференции «ГеоБайкал 2016» – 2016.

5. Шегай, В.И. Построение единой модели расчленения целевого разреза дагинского горизонта и особенности его осадконакопления в пределах северо-восточного шельфа о-ва Сахалин / Шегай В.И., Штейн Я.И., Зиновкин С.В. // Тезисы докладов VII Международной конференции «Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток» (ROOGD-2018) – 2018.

6. Шегай, В.И. Новые данные о строении нутовского комплекса отложений на Восточно-Одоптинском участке Сахалинского шельфа / Шегай В.И., Хоштария В.Н., Зелезняк Ф.Ф., Тугушев В.М. // Тезисы докладов 5-й научно-практического семинара «Углеводородный потенциал Дальнего Востока 2019» – 2019.