

*На правах рукописи*

**ЖОЛОНДЗ Александр Сергеевич**

**СТРОЕНИЕ ЮЖНО-КАРСКОЙ ВПАДИНЫ И  
ТРАНЗИТНОЙ ЗОНЫ ПРИЯМАЛЬСКОГО ШЕЛЬФА  
КАРСКОГО МОРЯ**

**Специальность 25.00.10 – Геофизика, геофизические  
методы поисков полезных ископаемых**

**АВТОРЕФЕРАТ**  
**диссертации на соискание ученой степени**  
**кандидата геолого-минералогических наук**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ – 2018**

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им. академика И.С. Грамберга.

*Научный руководитель:*

доктор физико-математических наук

*Яновская Татьяна Борисовна*

*Официальные оппоненты:*

*Шаров Николай Владимирович*, доктор геолого-минералогических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Карельский научный центр РАН, Институт геологии, заведующий лабораторией геофизики

*Половков Вячеслав Владимирович*, кандидат геолого-минералогических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Санкт-Петербургский государственный университет», Институт наук о Земле, кафедра геофизики, доцент

*Ведущая организация* – федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского»

Защита диссертации состоится 10 октября 2018 г. в 18 часов на заседании диссертационного совета Д 212.224.01 при Санкт-Петербургском горном университете по адресу: 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, д.2, ауд. 1171а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского горного университета и на сайте [www.spmi.ru](http://www.spmi.ru).

Автореферат разослан 17 июля 2018 г.

**УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ**  
диссертационного совета

**КИРЬЯКОВА**  
Ирина Геннадьевна

### **Общая характеристика работы**

**Актуальность темы.** Несмотря на то, что сейсмические исследования на полуострове Ямал были начаты в 1940-х гг., а в акватории Карского моря – в 1960-х гг., на карте сейсмической изученности региона остаются еще «белые пятна». До 2012 г. практически полностью неизученной сейсморазведочными методами оставалась переходная зона суша–море (так называемая транзитная зона). Она представляет собой полосу 5 – 15 км шириной с глубинами моря от 0 до 10 – 15 м. Слабо изучена южная часть приямальского шельфа Карского моря и Байдарацкая губа, в которой первые сейсморазведочные работы МОВ-ОГТ 2D были проведены ОАО «Южморгеология» в 2004 – 2006 гг.

Исследованиями строения и нефтегазоносности полуострова Ямал и Карского моря в разное время занимались НИИГА (ВНИИОкеангеология), Севморгео, МАГЭ, ВНИГНИ, СНИИГГиМС, ВНИГРИ, ВНИИГАЗ и другие организации.

Значительный вклад в изучение строения, нефтегазоносности, эволюции региона внесли такие ученые, как В.А. Скоробогатов, Д.А. Астафьев, В.И. Богоявленский, М.Л. Верба, Н.М. Иванова, А.Д. Павленкин, В.А. Верниковский, А.В. Ступакова, А.В. Куницын, В.Б. Пийп, А.В. Осыка, Н.П. Запивалов, А.Э. Конторович и многие другие.

В 2012 – 2014 гг. ФГБУ «ВНИИОкеангеология» и ОАО МАГЭ провели совместные работы на приямальском шельфе Карского моря. Эти исследования позволили впервые по региональной сети профилей изучить строение транзитной зоны, провести непрерывный профиль суша-море от скважины и по результатам работ МОВ-ОГТ создать сейсмостратиграфическую модель опорных отражающих горизонтов. Сейсморазведочные работы сопровождались геохимическим опробованием, места проведения которого выбирались на основании анализа данных сейсмоакустического профилирования.

**Цель работы.** На основе современных многоволновых сейсморазведочных данных разработать и провести апробацию научно-методического подхода, подходящего для проведения региональных исследовательских работ в слабоизученных областях, для получения литолого-физических характеристик осадочных комплексов на примере приямальской части Южно-Карского шельфа. Провести анализ условий осадконакопления в мезозое и кайнозое с учетом новых сейсмических данных, выявить локальные особенности строения мезозойско-

кайнозойского осадочного чехла, которые могут потенциально иметь углеводородный потенциал. Сопоставить полученные результаты с данными газогеохимического анализа для уточнения перспективности выявленных структур.

***Основные задачи работы:***

- Разработать единую сеймостратиграфическую модель отражающих горизонтов для суши, транзитной зоны и приямальской части Карского моря;
- Выполнить совместную обработку сейсмических данных по продольным и обменным волнам и выявить особенности применяемого метода работ в транзитной зоне;
- Получить литолого-физические характеристики комплексов осадочного чехла с применением разработанного научно-методического подхода с использованием отраженных продольных и обменных волн;
- Провести анализ региональных закономерностей распространения мезозойско-кайнозойских комплексов осадочного чехла и расположения дизъюнктивных нарушений на исследуемой площади, определить механизм формирования переуглубленной части Южно-Карской впадины;
- Выявить новые локальные структуры на основе совместного анализа данных сейморазведочных и газогеохимических исследований, которые могут служить цели восполнения нефтегазовых запасов.

***Научная новизна:***

- Впервые проведена непрерывная сеймостратиграфическая увязка комплексов в акватории Карского моря и на полуострове Ямал с использованием сейсмического профиля суша-море, начинающегося от скважины на суше.
- Получены результаты комплексной обработки сейморазведочных данных с использованием четырехкомпонентных донных станций в транзитной зоне, позволившие получить обобщенные литолого-физические характеристики слоев.
- Проведена совместная интерпретация новых и ретроспективных сейсмических данных, что позволило построить структурные схемы по опорным горизонтам, уточнить границы структур домезозойского основания в мелководной зоне и установить закономерности

распространения мезозойско-кайнозойских комплексов в пределах исследуемой площади.

- В результате анализа сейсмических волновых полей выявлены дизъюнктивные нарушения и составлена схема их расположения, получена модель формирования переуглубленной части Южно-Карской впадины.

- В транзитной зоне приямальной части Южно-Карского шельфа по результатам комплексной интерпретации сейсмических и газогеохимических работ выявлены две новые локальные структуры, перспективные для поиска углеводородов.

**Фактический материал и методы решения задач.** Для решения поставленных задач использованы: ретроспективные и современные данные сейсморазведки МОВ-ОГТ 2D, выполненные ОАО МАГЭ и ОАО СМНГ; газогеохимия (ФГБУ «ВНИИОкеангеология»); созданная автором аналитическая база геолого-геофизических данных, включающая в себя информацию по скважинам, результаты ранее опубликованных исследований. База продолжает пополняться по мере получения новых данных. Общее количество сейсмических профилей в базе составляет более 40 и почти 1700 значений газогеохимического опробования.

При проведении построений использовались такие программные продукты, как ESRI ArcGIS, IHS (SMT) KINGDOM, GlobalMapper, Golden Software Surfer, Geocap, Microsoft Office (MS Access).

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждаются представительностью и надежностью исходных материалов, применением современных методов обработки и анализа данных, проверяемостью полученных автором результатов.

**Практическая значимость работы** описывается следующими выводами.

1. На примере проведенных исследований в транзитной зоне описаны проблемные вопросы и пути их решения при проведении и обработке материалов сейсморазведочных работ с использованием четырехкомпонентных донных станций.

2. Создана основа для дальнейшего изучения геологического строения и особенностей распространения мезозойских и кайнозойских осадочных комплексов в пределах района

исследований, опирающаяся на современные данные, включающие региональную изученность транзитной зоны.

3. Показано латеральное распределение основных дизъюнктивных нарушений на исследуемой площади, установлены этапы формирования депрессионной части Южно-Карской впадины

4. Выявлены новые локальные структуры, углеводородная перспективность которых подтверждается результатами комплексирования сейсмических и геохимических методов исследований.

***Защищаемые положения:***

1. Разработанный научно-методический подход, включающий использование четырехкомпонентных донных станций и комплексную обработку отраженных продольных и поперечных волн, обеспечивает создание непрерывной сейсмостратиграфической модели суша-море и получение обобщенных литологических характеристик, увязанных с данными по скважине.

2. Многофакторный анализ морфоструктурных и тектонических особенностей в пределах области исследований позволил установить трехэтапное погружение центральной депрессионной части Южно-Карской впадины с некомпенсированным режимом осадконакопления в течение поздне триасового - раннемелового времени.

3. Корреляция сейсмического атрибутивного анализа и геохимических признаков нефтегазоносности (повышенные концентрации метана и его гомологов, ароматических и жидких углеводородов) позволяет выявить локальные перспективные участки в транзитной зоне приамальского шельфа Карского моря.

***Апробация работы.*** Основные положения диссертационной работы, ее отдельные выводы и результаты докладывались, обсуждались и получили одобрение на конференциях «Новое в геологии и геофизике Арктики, Антарктики и Мирового океана» (Санкт-Петербург, 2014), «Геофизика-2015» (Санкт-Петербург, 2015), 18-ой научно-практической конференции по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа «Геомодель 2016» (Геленджик, 2016), Научно-практической конференции «Сейсмические технологии–2017» (Москва, 2017), 19-ой научно-практической конференции по вопросам геологоразведки и разработки месторождений нефти и газа «Геомодель 2017» (Геленджик, 2017), а

также на секции геофизики Ученого совета ФГБУ «ВНИИОкеангеология».

**Личный вклад автора** заключается в обработке и интерпретации сейсмических данных по продольным и обменным волнам, данных сейсмоакустического профилирования, комплексном анализе сейсморазведочных и газогеохимических данных, создании структурных схем отражающих горизонтов и схемы структурных элементов. При непосредственном участии автора создана схема дизъюнктивных нарушений. Создана и пополняется база данных результатов исследований и публикаций по Южно-Карскому шельфу.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения, содержит 145 страниц, 104 рисунка и список литературы из 86 наименований.

Во **введении** описываются цели и задачи исследования, уровень текущей разработанности методов. В **первой главе** рассмотрены геолого-геофизическая изученность региона, история развития представлений о строении и нефтегазоносности региона. Изученность сейсмическими методами как регионального, так и площадного уровня на полуострове Ямал имеет высокую плотность и распределена достаточно равномерно. В то же время сейсмические профили МОВ-ОГТ 2D в акватории распределены по площади неравномерно, их плотность выше в северной части и ниже в южной. Большая часть всех профилей выполнена до конца 1990-х гг. Также не изучена полоса транзитной зоны, ширина которой от береговой линии изменяется от 2-5 км в северной части до 15-20 км в южной. На основе ранее опубликованных материалов рассматриваются варианты тектонических и структурных построений. Во **второй главе** приведено описание технологии сейсморазведочных работ на приямальском шельфе Карского моря отдельно по каждому этапу работ – на суше, в акватории и в транзитной зоне. Большое внимание уделяется обработке сейсмических данных с иллюстрациями результатов основных шагов. В главе также приводятся результаты интерпретации полученной информации – сеймостратиграфическая модель опорных комплексов и характеристика основных отражающих горизонтов. Также представлены результаты совместной обработки и интерпретации продольных и обменных отраженных волн в транзитной зоне, по итогам которых вычислено отношение скоростей  $V_p/V_s$ , используемое при исследовании нефтегазоносности региона. **Третья глава** посвящена

описанию методики и результатам структурных построений по данным региональных исследований, выделению элементов структурного районирования региона на основании анализа тектонических нарушений, прослеживаемых на нескольких сейсмических профилях. Полученные результаты позволяют оценить историю формирования региона, его нефтегазовый потенциал. В *четвертой главе* приведена характеристика и описание впервые выделенных локальных структур в транзитной зоне приамальского шельфа Карского моря. При проведении оценки перспективности выявленных структур на нефть и газ комплексировались данные сейморазведочных и газогеохимических исследований. В *заключении* приведены выводы по всему объему проведенной работы, отмечена их прикладная значимость.

**Благодарности.** Диссертационная работа выполнена в отделе морской сейморазведки ФГБУ «ВНИИОкеангеология». Автор выражает благодарность научному руководителю – доктору физ.-мат. наук Т.Б. Яновской, а также докторам геол.-мин. наук В.А. Поселову, А.Д. Павленкину, В.В. Буценко, кандидатам геол.-мин. наук С.М. Жолондзу, В.В. Верба, Н.В. Устинову, ст. науч. сотр. ФГБУ «ВСЕГЕИ» Н.Н. Копыловой за всестороннюю помощь, внимание и ценные советы, консультации, критический анализ и поддержку во время работы над диссертацией.

#### **Обоснование защищаемых положений**

Региональный этап изучения недр является важным шагом к пониманию процессов, сформировавших тот или иной регион. Совершенствование технологий приводит к увеличению глубинности исследований, к изучению тех участков, которые ранее были недоступны, и, в конечном счете, к уточнению моделей формирования региона.

Всего в рамках исследований в 2012 – 2014 гг. было отработано свыше 1500 пог. км сейсмических профилей. Длина сухопутного участка профиля 07 составляет 101 пог. км. Объем сейсмических профилей в транзитной зоне составил 250 пог. км. Положение сейсмических профилей показано на рисунке 1.

Проведенные ФГБУ «ВНИИОкеангеология» совместно с ОАО МАГЭ исследования в транзитной зоне приамальского шельфа Карского моря выполнили две важных задачи: 1) проведена апробация методики сейморазведочных работ с четырехкомпонентными донными



станциями в транзитной зоне в условиях северных широт и 2) создана сеть опорных региональных профилей в мелководной части шельфа.

Особенностью методики проведенных работ стала геометрия расстановки в транзитной зоне. Приемная часть представляет собой неподвижную линию, вдоль которой на расстоянии 50 м расположена линия источников. Область общих глубинных точек (ОГТ) находится посередине между линиями приема и источников.

На основе предварительно собранной опубликованной информации, данных по скважине на Восточно-Бованенковском месторождении и полученных сейсмических разрезов составлена единая сейсмостратиграфическая модель опорных отражающих горизонтов, в соответствии с которой проведена корреляция новых и ретроспективных сейсмических данных.

Согласно опубликованным материалам, в юрской части разреза коллекторскими свойствами обладают отложения малышевской, вымской, надояхинской и шараповской свит. Основные коллекторы в меловых отложениях сосредоточены в комплексах марресалинской и танопчинской свит.

Продуктивность указанных горизонтов подтверждена большим количеством скважин, пробуренных на Ямале и в Карском море. В отложениях других свит – экранирующих пластов – возможно наличие тектонических ловушек. Важным маркером нефтегазоносности в регионе считается нефтегазоматеринская баженовская свита.

Полученные сейсмические данные в транзитной зоне характеризуются хорошим качеством, широким частотным диапазоном и сопоставимы с данными по суше и акватории. В результате были получены непрерывные сейсмические разрезы суша-транзитная зона-море и транзитная зона-море.

При проведении интерпретации опорным являлся профиль 07 (рисунок 2). Его юго-восточный фланг проходит через скважину на Восточно-Бованенковском месторождении.

Стратиграфическая привязка создана с учетом результатов интерпретации продольных отраженных волн (волн РР). Кроме них в сейсморазведке используются также обменные, поперечные и поверхностные волны. Однако они более сложны в регистрации и обработке, и по этой причине используются реже.

При проведении работ в транзитной зоне приямальского шельфа Карского моря использовались четырехкомпонентные донные станции,

что должно было позволить регистрировать не только продольные, но и поперечные отраженные волны. При анализе полученных результатов оказалось, что из четырех компонент в обработке можно использовать только две – продольную компоненту X и гидрофон H. На вертикальной компоненте Z зарегистрирован высокий уровень шума, который связан с совместным действием нескольких факторов: небольших глубин, в результате чего сказываются волновые процессы, и недостаточно плотное дно, которое представлено в основном песчаными отложениями. На компоненте X регистрируются поперечные волны вертикальной поляризации (волны SV). Для образования этого типа волн не обязательно их генерация источником – они могут образовываться в результате обмена на границах сред. Такие волны SV называются обменными (волны PS). Запись поперечных волн горизонтальной поляризации SH (компонента Y) отсутствует. Из теории распространения волн известно, что для регистрации волн SH необходимо образование их в источнике. Так как источник колебаний находится в водном слое, то поперечные волны в нем не распространяются, в результате обмена этот тип волн не образуется.

На первом этапе обработки к данным вертикальной компоненты геофона и гидрофона применен корректирующий фильтр, реализованный через операцию математической свертки сейсмических трасс с исходным импульсом. Это улучшило соотношение сигнал/помеха, повысило разрешенность вступлений волн, уменьшило интегральный уровень шума.

Так как в области до критических значений углов падения импульсы обменных волн сохраняют вид импульса падающей волны, этот фильтр может быть применен к данным, зарегистрированным продольной компонентой геофона. Было достигнуто повышение соотношения сигнал/помеха и разрешения сейсмической записи.

На суммированных разрезах продольных и обменных волн выделяются горизонты Г, Г2 и М<sup>1</sup> (рисунок 3). По результатам совместной интерпретации отраженных горизонтов по продольным и обменным волнам, рассчитаны скорости V<sub>p</sub> и V<sub>s</sub> и их отношение  $\gamma = V_p/V_s$ . Эта величина является важной для анализа литологических свойств пород и оценки их коллекторских свойств.

Для отложений четвертичного возраста и березовской свиты среднее значение  $\gamma$  составляет 3,09, марресалинской свиты – 2,85, яронгской – 1,83. Наибольший разброс значений существует в

комплексе отложений марресалинской свиты. Максимальные значения  $\gamma$  зарегистрированы на небольших участках профиля. В работах о влиянии обводненности грунтов указано, что высокая водонасыщенность пород повышает значения  $\gamma$ . Например, для водонасыщенного состояния галечников значения  $\gamma$  достигают 10,0, для песков и супесей – 14,0, для суглинков и глин – 20,0. Коэффициент Пуассона, являющийся отношением модуля сжатия к модулю сдвига и различный для разных пород, может быть выражен через величину  $\gamma$ . Полученные результаты приведены в Таблице 1.

По данным скважины Белоостровская-1 первый комплекс представлен переслаиванием песчаников, аргиллитов, алевролитов, местами кремнистость в породах, второй – песчаники и глины, аргиллиты, третий – в основном алевролиты и аргиллиты. Повышенная флюидонасыщенность повышает значения коэффициента Пуассона. Средние значения в диапазоне 0,40-0,45 соответствуют обводненным глинам, 0,28-0,33 – песчаникам, 0,35-0,37 – суглинкам. Полученные результаты соответствуют обобщенным данным по разрезу скважины. Таким образом, в слабоизученных районах и в транзитных зонах, где возможно применение многокомпонентных сейсмоприемников, возможно использование расчетных значений коэффициента Пуассона для получения обобщенных литологических характеристик разреза.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы: 1) на реальном примере протестирован подход, позволяющий при использовании многокомпонентных приемников получить обобщенную литологическую характеристику разреза осадочного чехла; 2) распределение величины  $\gamma$  и, соответственно, коэффициента Пуассона дает представление о литологических особенностях вдоль профиля, в частности, о флюидонасыщенности.

Таким образом, можно сделать вывод, который является *первым защищаемым положением*:

**Разработанный научно-методический подход, включающий использование четырехкомпонентных донных станций и комплексную обработку отраженных продольных и поперечных волн, обеспечивает создание непрерывной сейсмостратиграфической модели суша-море и получение обобщенных литологических характеристик, увязанных с данными по скважине.**

Как уже отмечалось, опорным профилем при проведении интерпретации стал профиль 07 (рисунок 2). На сухопутном участке профиля выделяется крупное поднятие горизонта А на расстояниях 40–60 км – Восточно-Харасавейская структура. Амплитуда поднятия постепенно уменьшается с уменьшением глубины. Но мощность комплексов, отвечающим свитам от верхней джангодской и моложе, при этом не изменяется. Также отмечено, что мощность верхнемезозойско-кайнозойских отложений вдоль профиля остается примерно постоянной, что свидетельствует об установившемся спокойном режиме осадконакопления. Мощность юрских отложений увеличивается с юго-востока на северо-запад.

По результатам интерпретации новых и ретроспективных профилей составлены схемы мощностей триас-юрских (рисунок 4) и нижнемеловых (рисунок 5) отложений. Наибольшая мощность триас-юрских отложений достигается в центральной части района исследований. Редуцирование мощности в северной части четко обрамляет Скуратовский вал. В южном направлении изменение мощности отложений происходит ступенеобразно, о чем свидетельствуют сгущения изолиний в районе значений 2000 и 3200 м. В Байдарацкой губе юрские отложения не выделяются.

Осадочные отложения нижнего мела распространены по всей площади работ. Комплекс ахской и танопчинской свит выдержан по мощности, за исключением небольшого увеличения в центральной части (примерно на 500 м). Существенное уменьшение значений отмечается только на южной границе исследуемой области – в Байдарацкой губе. При этом Скуратовский вал, выделяющийся по мощности отложений триас-юрского комплекса, перекрыт нижнемеловыми отложениями без существенного влияния на их мощность.

Выбор горизонтов А, Ia, Б и М<sup>1</sup> для построения структурных схем основывается на следующих объективных данных: 1) горизонт А является подошвой мезозойских отложений; 2) горизонт Ia – кровля триасовых отложений; 3) горизонт Б – кровля юрских отложений; 4) горизонт М<sup>1</sup> – кровля танопчинской свиты.

Структурная схема по горизонту А приведена на рисунке 6. В рельефе поверхности выделяются следующие особенности: 1) перепад глубин составляет от 500 м до 12 км; 2) в центральной области расположена сверхглубокая впадина с глубинами более 10 км, ее

южный борт имеет крутое падение; 3) в северной части выделяется вал продолговатой формы – Скуратовский вал; 4) в южном направлении в рельефе выделяются три ступени с существенным градиентом глубин по изолиниям 5500 и 8000 м.

Подходящая с юго-востока к сверхглубокой впадине в центральной части линейная структура, продолжающаяся с полуострова, пространственно совпадает с выделяемым некоторыми исследователями Ямальским рифтом. Опираясь на интерпретацию наземных профилей, в частности по региональному профилю 58, на исследуемой площади выделен комплекс триасового возраста. На структурной схеме по горизонту Ia также хорошо интерпретируется прогиб, прослеживающийся от береговой зоны (рисунок 7). Комплекс триасовых отложения выделяется в основном по сейсмическим данным.

Весьма важным с точки зрения изучения мезозойской части осадочного чехла представляется анализ данных по комплексам юрских и меловых отложений. Связано это в том числе и с нефтегазовой перспективностью данных интервалов.

Внутри исследуемого района юрские отложения представлены не везде – удалось зафиксировать южную границу области их распространения (рисунок 8). В северном направлении горизонт испытывает погружение, но максимальный перепад глубин достигается над сверхглубокой впадиной, выделенной в рельефе горизонта А, где кровля баженовской свиты погружается на глубину около 5 км.

Комплекс нижнемеловых отложений ахской и танопчинской свит распространен в пределах всей исследуемой области (рисунок 9). Совместный анализ данных о рельефе поверхности и мощности нижнемеловых отложений, приведенной на рисунке 5, выявляет следующие особенности: 1) в рельефе горизонта М<sup>1</sup> хорошо выделяется продолговатое поднятие в юго-западной части площади, но при этом в мощности оно практически не выражено, как не выражено оно и в рельефе горизонта Б; 2) перепад глубин до поверхности горизонта в центральной части меньше по величине, чем значение мощности; 3) в рельефе хорошо выражено поднятие в западной части исследуемой области, в прибрежной части, с амплитудой около 500 м, а по мощностям значение составляет около 300 м – влияние рельефа нижерасположенного комплекса.

На основании полученной информации о строении мезозойско-кайнозойской части осадочного чехла и рельефе поверхности горизонта

А, составлена схема основных структурных элементов в пределах исследуемой площади. Надпорядковым структурным элементом является Южно-Карская впадина. Ниже рангом выделены следующие элементы: переуглубленная центральная часть впадины, пять положительных структурных элементов и моноклиналь, шесть отрицательных структур.

Другим важным результатом является схема главных дизъюнктивных нарушений (ДН). Под дизъюнктивными нарушениями понимаются все нарушения сплошности горных пород без разделения по причинам их происхождения. При анализе волновых полей выделялись только те нарушения, которые прослеживались на нескольких профилях в латеральном направлении с группированием по набору признаков, наблюдаемых на сейсмических разрезах (рисунок 10). В результате были выявлены следующие ДН: 1) осевая часть Сеяхинского прогиба; 2) локальные линейные поднятия в основании мезозойско-кайнозойской части осадочного чехла, обрамленные разломами; 3) две пересекающиеся зоны разломов.

Вал, расположенный южнее, ближе к Байдарацкой губе в волновом поле сейсмических разрезов выглядит как асимметричное поднятие горизонта А. Средний размер в поперечном направлении составляет 15-20 км. Борта поднятия оконтурены разломами. Толща осадочных пород над валом сохраняет свою мощность в соотношении с прилегающими морфологическими структурам. Это может свидетельствовать о том, что данное поднятие сформировано уже после формирования основной части осадочных отложений и носит характер современной тектоники. Некоторые разломы, расположенные в районе выявленного вала, прослеживаются до верхней части разрезов, что также говорит в пользу неотектонических явлений. Относительная непрерывность отражающего горизонта А доказывает, что причина появления данной структуры находится на **больших** глубинах.

По результатам комплексного изучения сейсмических разрезов разных лет установлено, что ЦДЧ ЮКВ в мезозойское время испытала три этапа погружения. В раннем-среднем триасе произошел сброс по южной границе структуры. В волновом поле отчетливо выражен сейсмостратиграфический горизонт Ia, перекрывающий тектонические нарушения без перерыва. Это позволяет определить его как первый пострифтовый комплекс, то есть поздне триасовые отложения аккумуляровались в пострифтовых условиях.

Преимущественно в нижней-средней юре шло некомпенсированное осадконакопление в грабенообразных линейных структурах вдоль восточной границы ЦДЧ ЮКВ. На карте суммарной мощности юрских отложений эти структуры совпадают с Белоостровским и Сеяхинским прогибами. Анализ распределения мощностей меловых отложений показывает, что третий этап погружения ЦДЧ ЮКВ произошел в нижнем мелу (берриас-апт).

Рассмотрены возможные причины возникновения ЦДЧ ЮКВ. Для этого использованы данные о глубине границы Мохоровичича, полученные по модели CRUST1.0. Модель проверена по данным ГСЗ разных лет, что позволило установить хорошую корреляцию данных модели CRUST1.0 и ГСЗ. По результатам комплексного анализа установлено, что под выявленным грабеном ЦДЧ ЮКВ наблюдается подъем границы Мохоровичича. Это может свидетельствовать о наличии процессов растяжения коры, которые привели к образованию выявленных грабенов. В опубликованных работах приводятся две возможные модели, которые привели к формированию современного рельефа структурных горизонтов. Первая модель связана со сдвиго-растяжениями, вторая – с эклогитизацией нижней коры. Имеющихся данных недостаточно для подтверждения этих моделей и в рамки поставленных задач в данной работе это не входит.

В результате проведенной работы может быть сформулировано *второе защищаемое положение*:

**Многофакторный анализ морфоструктурных и тектонических особенностей в пределах области исследований позволил установить трехэтапное погружение центральной депрессионной части Южно-Карской впадины с некомпенсированным режимом осадконакопления в течение поздне триасового - раннемелового времени.**

Сейсморазведочные работы в пределах района исследований дополнены проведением газогеохимического опробования, которое включало в себя отбор проб из придонной части водного слоя и донных отложений. Анализ полученных образцов проводился с целью определения концентраций органических и неорганических соединений. Использование газогеохимического метода в качестве метода поиска месторождений нефти и газа основывается на факте существования процесса непрерывного переноса углеводородов от их скоплений на глубине. При этом и непосредственно над залежами,

вплоть до дневной поверхности (или поверхности дна), а иногда и в стороне от залежи или под ней, фиксируются аномальные концентрации углеводородов. К прямым признакам нефтегазоносности относятся следующие критерии: 1) повышенные концентрации парафинов и жидких углеводородов; 2) повышенные концентрации метана и его гомологов; 3) повышенные значения концентрации ароматических углеводородов, а также некоторые другие. К косвенным признакам относятся зоны повышенных концентраций углекислого газа и продукты взаимодействия углеводородов с породами (например, концентрация серы).

Миграция углеводородов происходит посредством фильтрации по ослабленным зонам (дизъюнктивным нарушениям, микротрещинам). Основным контролирующим параметром этого процесса является вертикальная проницаемость перекрывающих пород. При этом, чем плотнее порода и ниже ее коллекторские свойства, тем менее интенсивно проходит процесс миграции. В сейсмических волновых полях обнаруживаются зоны повышенной мутности, которые могут быть связаны с наличием, так называемых, газовых трубок.

Выявление аномальных концентраций опорных маркеров в донных отложениях и в придонном слое воды свидетельствует с одной стороны о наличии углеводородов в осадочном чехле, а с другой – о нарушении флюидопора на данных локальных участках. Таким образом, важно сопоставлять данные геохимических исследований с результатами сейсморазведочных работ. В результате такой совместной интерпретации имеется возможность выделять области в разрезе осадочного чехла, где возможно наличие неразрушенной крышки.

Использование геоинформационных систем позволяет определить области распространения аномальных геохимических концентраций в пространстве. По результатам исследований составлены схемы распределения концентрации углекислого газа, метана и суммы его гомологов в донных осадках и в придонном слое воды, ароматических углеводородов в придонном слое воды. Выявлены места проявления жидких углеводородов (УВЖ) и парафина в донных осадках (рисунок 11). При анализе пространственного распределения этого индикатора выявлены некоторые закономерности. Наблюдается существенное различие между северной и южной частями площади исследований. В северной части повышенные значения концентрации УВЖ и парафина выделяются в районе структуры Морская (транзитная



зона). Максимальные значения концентрации УВЖ распределены вдоль южной части приамальского шельфа Карского моря. В распределении концентрации метана в донных осадках наблюдается несколько иной характер. Аномалии носят более локальный характер, распределены по площади относительно равномерно. Среди наиболее уверенно выделяемых максимумов концентрации один находится на структуре Морская (транзитная зона). Наконец, существенно отличается от ранее описанных распределение концентрации метана в придонном слое воды. На большей части площади метан в придонном слое воды не выявлен или определяется в незначительных количествах. Но существуют четыре аномальные области – на пересечении профилей 04, 03 и 01, в районе пересечения профилей 06 и 07, на окончании профиля 15 около береговой линии и на профиле 17 в Байдарацкой губе.

Также в придонном слое воды концентрация ароматических углеводородов (АрУВ) на большей части площади исследований находится в области около нулевых значений. А максимальная концентрация определяется на одном профиле на севере района работ и вдоль береговой линии в южной части и в западной части Байдарацкой губы. Исходя из данных о пространственном распределении прямых признаков наличия углеводородов, можно сделать следующие заключения: 1) на структуре Морская (транзитная зона) обнаружены прямые признаки нефтегазоносности; 2) повышенные значения концентраций практически всех газогеохимических параметров выделяются в западной части Байдарацкой губы, что может свидетельствовать в пользу того, что там проходит большое количество разломов, по которым может происходить миграция УВ к поверхности, что подтверждает описываемую выше схему дизъюнктивных нарушений; 3) область структуры ВНИИОкеангеология окружена повышенными концентрациями всех рассмотренных прямых признаков нефтегазоносности, а внутри нее наблюдаются пониженные значения, что может свидетельствовать о том, что там может находиться неразрушенная крышка; 4) Байдарацкая губа является наиболее перспективным местом для изучения верхней части палеозойских отложений, в том числе и для анализа их нефтегазового потенциала.

Следовательно, наиболее перспективными областями в ранее неизученной транзитной зоне приамальского шельфа Карского моря могут быть структуры на пересечении профилей 06 и 07 и 14 и 15. Рассмотрим их подробнее.

Профиль 06 имеет длину около 108 км, проходит с юго-запада на северо-восток вдоль береговой линии Ямала (рисунок 1). На профиле максимальная мощность мезозойско-кайнозойского осадочного чехла изменяется от 5 до 8,5 км. Кровля баженовской свиты интерпретируется на глубине около 3,5 км. Мощность нижнемеловых отложений составляет около 2 км.

Распределение геохимических аномалий вдоль профиля 06 приведено на рисунке 12. Локальная антиклинальная структура выделяется на расстоянии 65 – 85 км от начала профиля. На южном фланге структуры выделяются повышенные значения УВЖ в донных осадках, в то же время северный фланг структуры характеризуется увеличением значений концентрации ароматических углеводородов в придонном слое воды.

В результате комплексного анализа данных сейсморазведочных исследований и газогеохимического опробования в неизученной ранее транзитной зоне выявлены две новые локальные структуры. Анализ сейсмических данных, в том числе применение таких атрибутов, как мгновенные значения частот, амплитуд и фазы, позволил оконтурить выявленные структуры.

Структура Морская (транзитная зона) представляет собой антиклинальную структуру с горизонтальными размерами примерно 20 на 30 км. Амплитуда поднятия меняется с 300 м по кровле баженовской свиты до 100 м по кровле танопчинской свиты.

Структура ВНИИОкеангеология имеет более сложное строение. Её южный борт ограничивается выклинивающимся горизонтом Б, а северный фланг – тектоническим разломом. Размеры структуры составляют примерно 40 x 40 км.

По результатам комплексного анализа впервые выявленные структуры – ВНИИОкеангеология и Морская – в транзитной зоне приямальского шельфа Карского моря имеют углеводородный потенциал. Таким образом, можно сформулировать *третье защищаемое положение*:

**Корреляция сейсмического атрибутивного анализа и геохимических признаков нефтегазоносности (повышенные концентрации метана и его гомологов, ароматических и жидких углеводородов) позволяет выявить локальные перспективные участки в транзитной зоне приямальского шельфа Карского моря.**

### **Заключение**

Опробованная методика проведения сейсмических работ в транзитной зоне показала свою эффективность и нашла практическое применение. Выявленные новые локальные структуры с обоснованной углеводородной перспективностью могут быть использованы для восполнения нефтегазового потенциала региона.

#### **Основные научные и практические выводы:**

1. На основе проведенных исследований в транзитной зоне и результатов совместной обработки продольных и обменных волн, отработана методика обработки и интерпретации получаемых данных и предложены методические рекомендации по исследованиям с применением четырехкомпонентных донных станций в транзитных зонах. Также показаны результаты расчета величины  $\gamma = V_p/V_s$ , как одного из важных физических показателей при изучении региона на предмет его нефтегазоносности.

2. По результатам сейсмических исследований в Карском море, с учетом ранее выполненных структурных построений, составлены структурные схемы по опорным отражающим горизонтам мезозойско-кайнозойского осадочного чехла, уточнены границы структурных элементов в основании мезозойско-кайнозойских отложений приямальской части Южно-Карского шельфа. Анализ волновых полей сейсмических разрезов позволил выявить дизъюнктивы со схожими признаками, распространенные в пределах исследуемой площади. Установлено трехэтапное формирование ЦДЧ ЮКВ.

3. В результате комплексного анализа данных сейсморазведочных и газогеохимических исследований выявлены новые локальные структуры на приямальском шельфе Карского моря. Перспективность структур ВНИИОкеангеология и Морская (транзитная зона) на углеводороды подтверждается повышенными концентрациями газогеохимических маркеров – углекислого газа в донных отложениях и в придонном слое воды, жидких углеводородов и парафина в донных осадках и ароматических углеводородов в придонном слое воды.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при проектировании региональных и поисково-оценочных работ на приямальском шельфе Карского моря, в частности, в Байдарацкой губе. Полученные результаты также могут быть полезны при проведении поисково-разведочных работ в транзитной зоне Ямала.

#### ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Жолондз А.С., Павленкин А.Д. Новые данные к оценке перспектив нефтегазоносности приямальской части Южно-Карского шельфа // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2015. – Т. 10. – № 3. – С. 1-13.

2. Жолондз А.С., Поселов В.А. Дизъюнктивные нарушения на шельфе приямальской части Карского моря. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2016. – Т. 11. – № 2. – С. 1-12.

3. Жолондз А.С. Региональные исследования в мелководной зоне приямальской части Южно-Карского шельфа. // Геофизические методы исследования Земли и ее недр. Материалы X международной научно-практической конкурс-конференции молодых специалистов «Геофизика-2015». Под редакцией С.В. Аплонова, В.Н. Трояна, В.П. Кальварской. – 2016. – С. 39-46.

4. Жолондз А.С. Результаты регионального этапа изучения приямальской части Карского моря / А.С. Жолондз, В.А. Поселов [Электронный ресурс] // Матер. конф. EAGE «Геомодель 2016», 12–15 сентября 2016 года, Геленджик. <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=86812>

5. Жолондз, А.С. Дизъюнктивные нарушения на приямальском шельфе Карского моря. // Материалы V Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов "Новое в геологии и геофизике Арктики, Антарктики и Мирового океана. – 2016. – С. 25.

6. Жолондз, А.С. Новые данные о строении шельфа приямальской части Карского моря. // X Международная научно-практическая конкурс-конференция молодых специалистов «Геофизика-2015». Тезисы докладов. – 2015. – С. 47-48.

7. Жолондз, А.С. Предварительные результаты обработки сейсмических данных, полученных на приямальском шельфе Карского моря (на примере двух участков). // Материалы IV Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов "Новое в геологии и геофизике Арктики, Антарктики и Мирового океана". Отв. ред.: О.Е.Смирнов, А.Г.Редько, И.П.Моргунова. – 2014. – С.24-26.

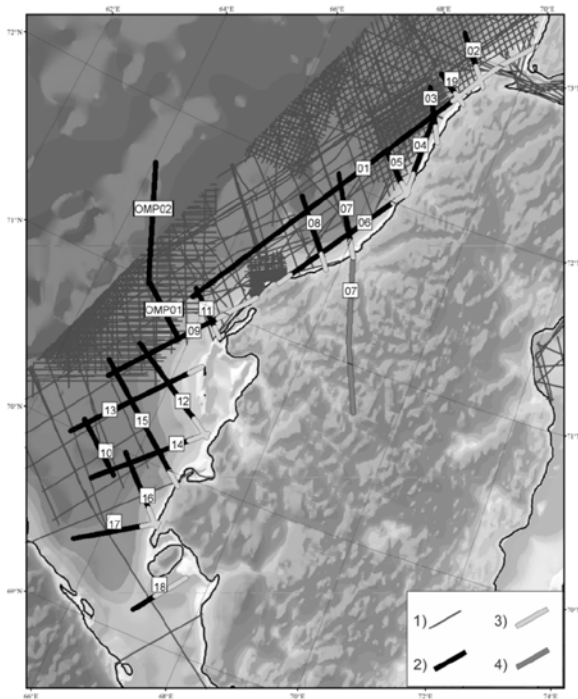


Рисунок 1. Положение региональных профилей ФГБУ «ВНИИОкеангеология». Условные обозначения: 1 – морские профили МОВ-ОГТ 2D, выполненные до 2012 г., 2 – участки новых профилей МОВ-ОГТ 2D (морские), 3 – участки новых профилей МОВ-ОГТ 2D (транзитная зона), 4 – участок профиля МОВ-ОГТ 2D (суша).

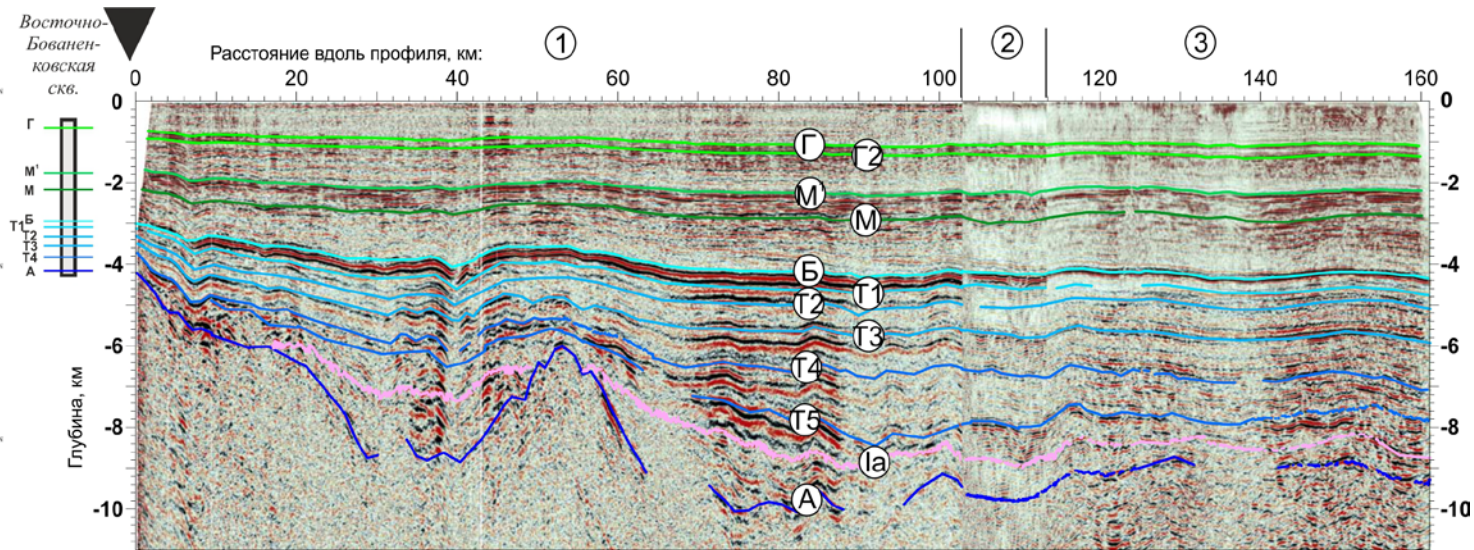


Рисунок 2. Временной сейсмический разрез по профилю 07. Цифрами отмечены: 1 - сухопутный участок; 2 - транзитная зона; 3 - акватория.

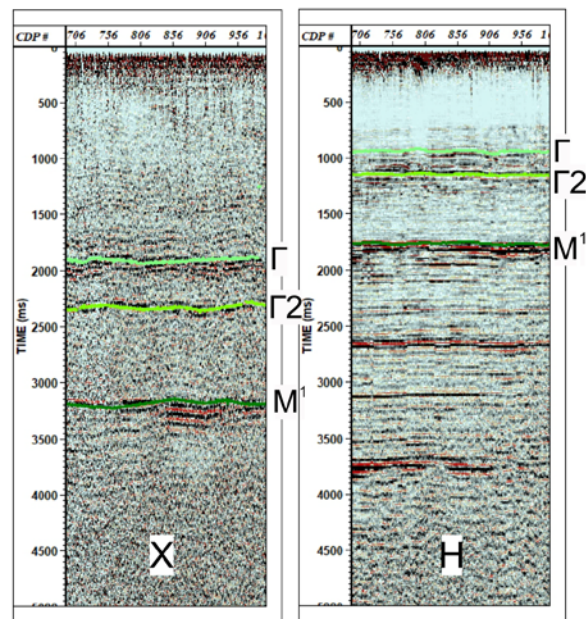


Рисунок 3. Фрагменты суммированных разрезов по обменным (X) и продольным (H) волнам.

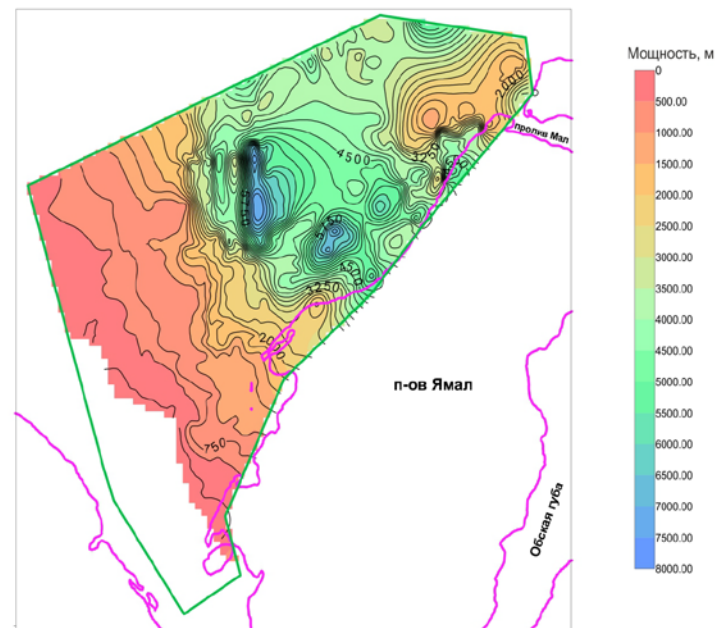


Рисунок 4. Схема мощности юрских отложений (между горизонтами А и Б)

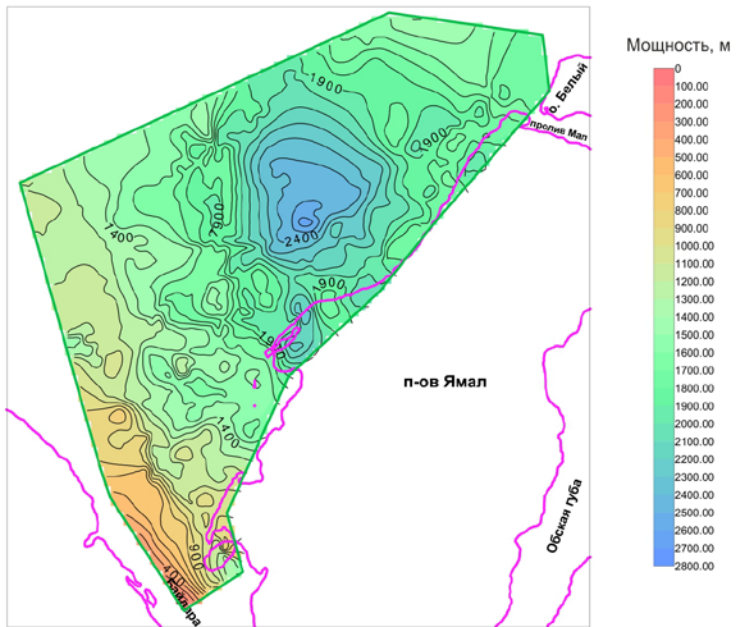


Рисунок 5. Схема мощности нижнемеловых отложений (между горизонтами Б и М<sup>1</sup>)

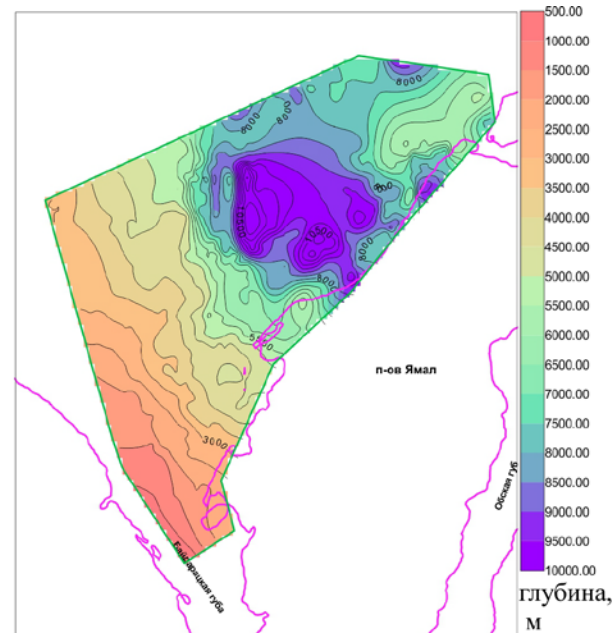


Рисунок 6. Структурная схема горизонта А

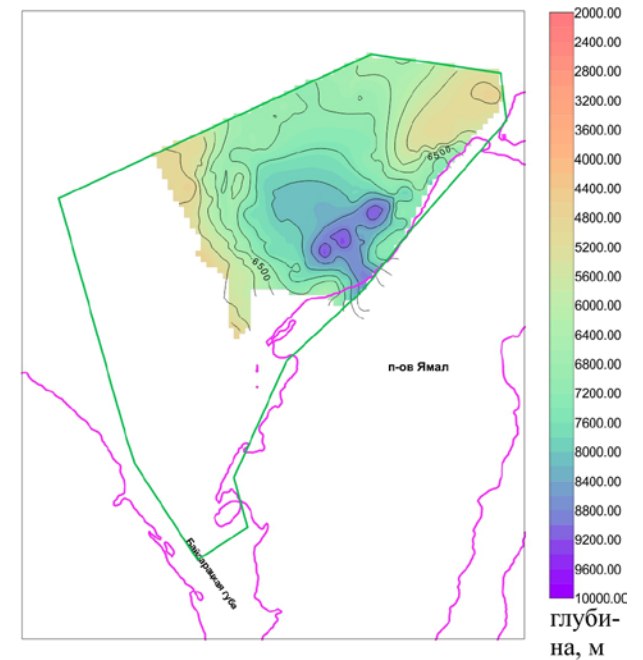


Рисунок 7. Структурная схема горизонта Ia.

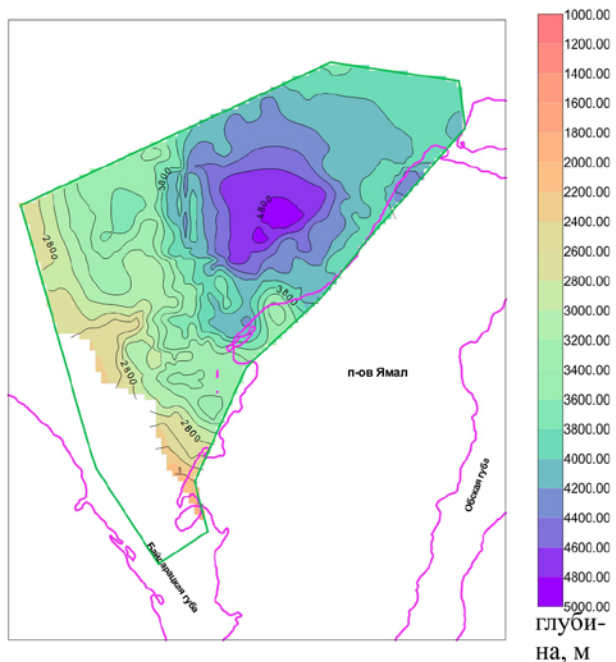


Рисунок 8. Структурная схема горизонта Б.

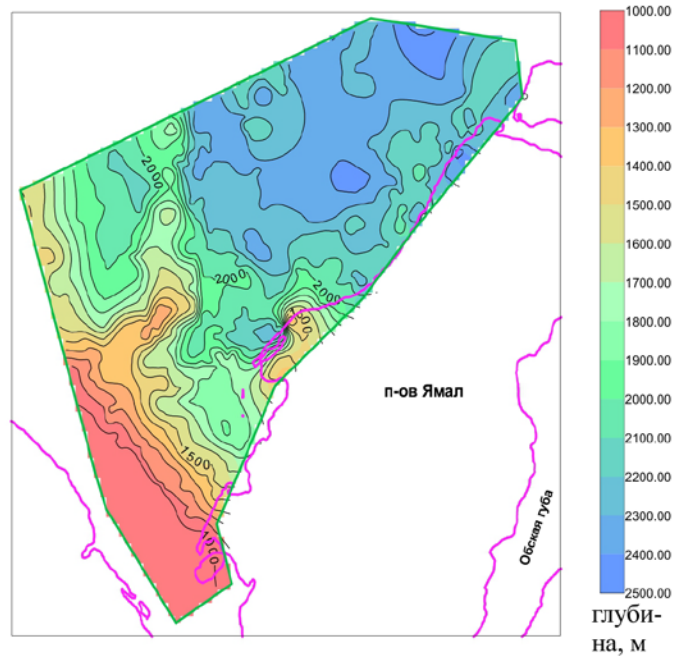


Рисунок 9. Структурная схема горизонта М<sup>1</sup>.

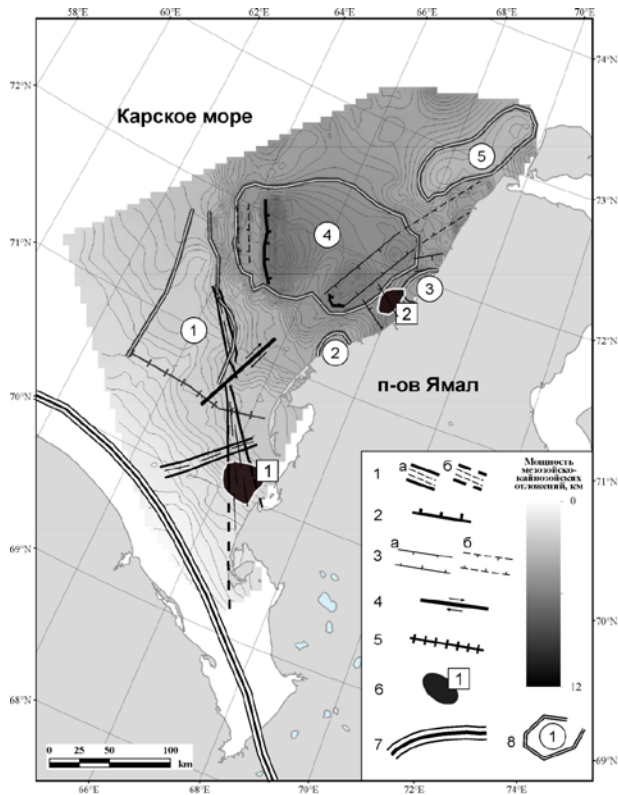


Рисунок 10. Схема морфологических и дизъюнктивных элементов.

Условные обозначения: 1 – зоны повышенной концентрации разновозрастных разломов: а) уверенно прослеживаемых, б) предполагаемые; 2 – сбросы; 3 – осевые части линейных грабенообразных структур: а) уверенно прослеживаемых, б) предполагаемые; 4 – сдвиг; 5 – вал неустановленного типа; 6 – Впервые выявленные локальные структуры: 1) ВНИИОкеангеология, 2) Морская (транзитная зона); 7 – Байдарацкий разлом [Астапов А.П., 2000]; 8 – границы главных структур (в кружках): 1) Обручевский вал, 2) Нурминский вал (Харасавейское поднятие), 3) Малыгинский вал, 4) Центральная депрессионная часть Южно-Карской впадины (ЦДЧ ЮКВ), 5) Скуратовский вал; Цветом обозначена мощность мезозойско-кайнозойского осадочного чехла (изолинии через 100 м).

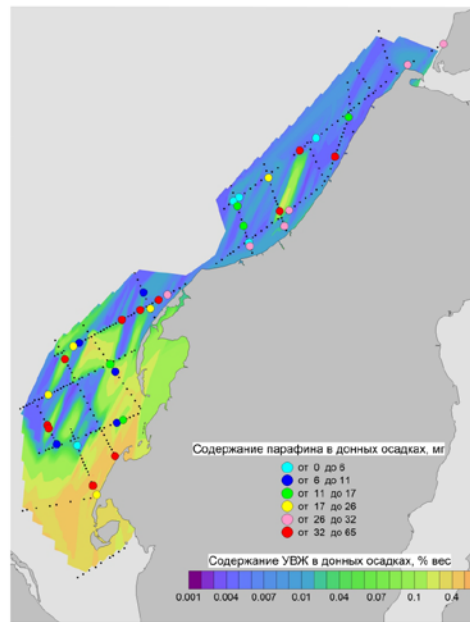


Рисунок 11. Распределение концентрации жидких углеводородов и парафина.

Таблица 1. Вычисленные значения коэффициента Пуассона

Комплекс	γ			σ		
	мин	ср	макс	мин	ср	макс
<b>Line 1</b>						
Отложения березовской свиты и моложе	2,80	3,10	3,40	0,43	0,44	0,45
Отложения марресалинской свиты	1,80	2,82	6,20	0,28	0,43	0,49
Отложения яронгской свиты	1,50	1,83	2,00	0,10	0,29	0,33
<b>Line 2</b>						
Отложения березовской свиты и моложе	2,90	3,06	3,20	0,43	0,44	0,45
Отложения марресалинской свиты	1,90	2,26	2,70	0,31	0,38	0,42
Отложения яронгской свиты	1,90	2,20	2,60	0,31	0,37	0,41

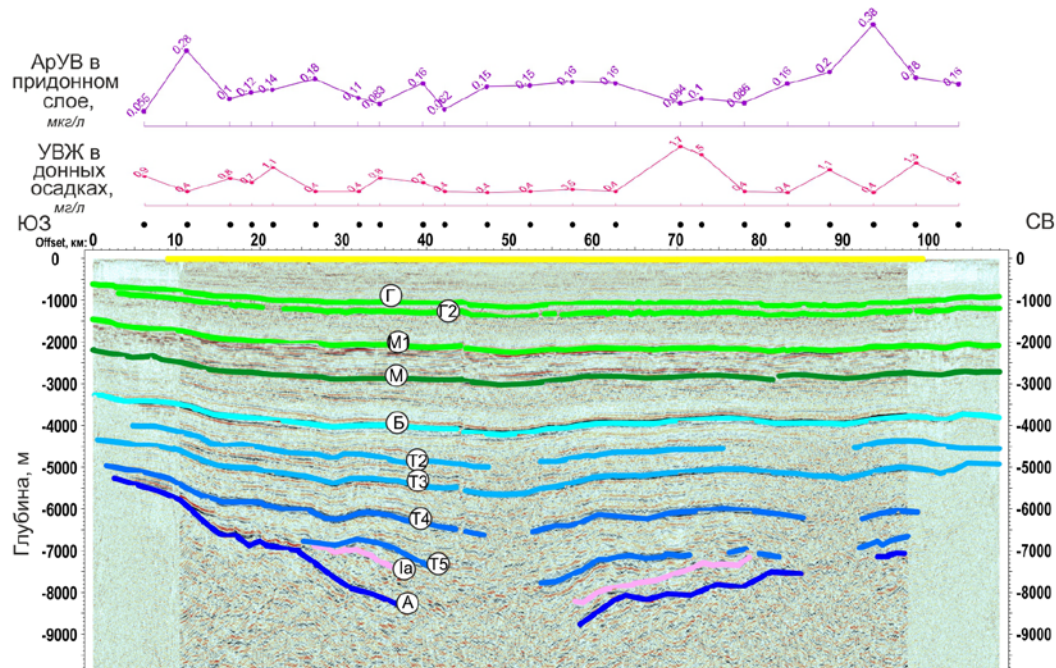


Рисунок 12. Сводный сейсмо-геохимический профиль 06.