СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОСАДОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ И НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ЯМАЛЬСКОЙ, ГЫДАНСКОЙ И ЮЖНО-КАРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОБЛАСТЕЙ

(Арктические регионы Западной Сибири, шельф Карского моря)

**В.А. Конторович¹, Д.В. Аюнова¹, С.М. Гусева¹, Л.М. Калинина¹, А.Ю. Калинин¹,
М.С. Канаков¹, М.В. Соловьев¹, Е.С. Сурикова¹, Т.Н. Торопова²**

¹*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,*

630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия,

²*Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья,*

630091, Новосибирск, Красный просп., 67, Россия,

e-mail: KontorovichVA@ipgg.sbras.ru

В разрезе мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Арктических регионов Западной Сибири и шельфа Карского моря выделяется шесть сейсмогеологических осадочных комплексов, залегающих на домезозойском основании. В работе приведена характеристика опорных сейсмических горизонтов и рассмотрены сейсмофациальные особенности палеозойского, триасового, юрского, неокомского, апт-альб-сеноманского и турон-кайнозойского сейсмогеологических комплексов. Сделан вывод о том, что крупные сеноманские газовые залежи характеризуются формированием отражающих горизонтов, связанных с газо-водяными контактами; апт-альбские залежи отображаются на временных разрезах сейсмической аномалией «яркого пятна».

Отражающий горизонт, сейсмогеологический комплекс, волновое поле, сейсмическая аномалия, «яркое пятно», Карское море, Западная Сибирь, нефтегазоносность, нефтегазовая залежь

SEISMIC AND GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SEDIMENTARY SEQUENCES AND PETROLEUM POTENTIAL OF THE YAMAL, GYDAN AND SOUTH KARA PETROLEUM AREAS

(Arctic regions of West Siberia, the Kara Sea shelf)

**V.A. Kontorovich¹, D.V. Ayunova¹, S.M. Guseva¹, L.M. Kalinina¹, A.Yu. Kalinin¹, M.S. Kanakov¹,
M.V. Soloviev¹, E.S. Surikova¹, T.N. Toropova¹**

¹*Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS,*

Koptug Avenue, 3, Novosibirsk, 630090, Russia,

²*Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources,*

Krasny Avenue, 67, Novosibirsk, 630091, Russia,

e-mail: KontorovichVA@ipgg.sbras.ru

There are six sedimentary seismic sequences overlying pre-Mesozoic basement in the Mesozoic-Cenozoic sedimentary cover of the Arctic regions of West Siberia and the Kara Sea shelf. The paper describes the seismic markers characteristics and the seismic-facial features of the Paleozoic, Triassic, Jurassic, Neocomian, Apt-Cenomanian and Turonian-Cenozoic seismic sequences. It was concluded that the features of large Cenomanian gas pools are seismic markers associated with gas-water contacts; Apt-Albian pools are displayed on time sections by a bright spot seismic anomaly.

Seismic marker, seismic sequences, wave field, seismic anomaly, "bright spot", Kara Sea, West Siberia, petroleum potential, hydrocarbon pool.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе одной из приоритетных задач, стоящих перед геологами, геофизиками и нефтяниками, является изучение геологического строения Арктических регионов России, в том числе шельфов северных морей, где сконцентрированы значительные ресурсы нефти и газа [Конторович и др., 2010; Конторович, 2015]. Большая часть крупных и уникальных месторождений нефти и газа Западной Сибири, находящихся в эксплуатации многие десятилетия, в значительной мере истощены, и центры нефтегазодобычи постепенно смещаются далее на север, на полуострова Ямал, Гыданский и в акваторию Карского моря. В настоящее время введено в разработку Бованенковское и Новопортовское месторождения, расположенные на п-ве Ямал, эксплуатируются залежи Приразломного месторождения в Печорском море и т. д.

В нефтегазоносном отношении рассматриваемый регион включает Ямальскую, Гыданскую и Южно-Карскую нефтегазоносные области (НГО) Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП). В конце XX–начале XXI века в этих регионах выполнены большие объемы сейсморазведочных работ МОГТ и глубокого бурения, которые привели к открытию нефтяных и газовых месторождений как на континенте, так и в акватории.

На п-ве Ямал открыты Арктическое, Антипаютинское, Бованенковское, Крузенштернское, Малыгинское, Северо-Тамбейское, Харасавейское, Южно-Тамбейское, Новопортовское и др. месторождения, на п-ве Гыданский – Геофизическое, Гыданское, Салмановское, Штормовое и др., в Карском море – Русановское, Ленинградское и месторождение Победа.

Уникальные по запасам Русановское и Ленинградское газоконденсатные месторождения были открыты еще в советские годы в 1989 и 1990 гг. В 2013 г. компанией ОАО «Роснефть» на Университетской структуре, расположенной в непосредственной близости от архипелага Новая Земля, открыто нефтегазоконденсатное месторождение, получившее название «Победа» (рис. 1).

РЕГИОНАЛЬНАЯ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

На севере Западной Сибири, на территории Ямальской и Гыданской НГО, в разрезе мезозойско-кайнозойских отложений выделено шесть сейсмогеологических мегакомплексов: триасовый, юрский, неокомский (берриас-нижнеаптский), апт-альб-сеноманский, турон-маастрихтский и кайнозойский. Все мезозойско-кайнозойские осадочные мегакомплексы контролируются в кровле регионально развитыми морскими глинистыми пачками – мегарегиональными флюидоупорами. Юрский, неокомский и апт-альб-сеноманский мегакомплексы являются основными нефтегазоносными комплексами на территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Рис. 1. Обзорная карта нефтегазогеологического районирования северных районов Западной Сибири, границы: 1 – Западно-Сибирской плиты, 2 – Западно-Сибирской НГП, 3 – НГО; 4 – НГР; 5 – месторождения углеводородов, 6 – сейсмические профили (а), по которым приведены сейсмогеологические разрезы (б)

Характерной особенностью мегарегиональных флюидоупоров является то, что все они представлены выдержанными по толщине трансгрессивными морскими глинистыми пачками, сформировавшимися в эпохи тектонического покоя и получившими распространение на обширных территориях Западной Сибири. Мегарегиональные флюидоупоры обладают аномально низкими относительно вмещающих пород акустическими характеристиками, к этим геологическим реперам приурочены наиболее энергетически выраженные отражающие сейсмические горизонты (табл. 1, рис. 2).

Отложения мезозойско-кайнозойского осадочного чехла залегают на комплексе основания, который представлен палеозойскими образованиями и базальтами, сформировавшимися в процессе раннетриасового рифтогенеза. В Западной Сибири палеозойский комплекс является самостоятельным объектом нефтегазопоисковых работ. В настоящее время на территории провинции в этом комплексе пород открыто более 60-ти месторождений нефти и газа, большая часть которых связана с карбонатами, глинисто-кремнистыми породами, гранитами и кислыми эффузивами.

Стратификация реперных отражающих горизонтов

Индексация отражающих горизонтов	Стратиграфическая приуроченность (Западная Сибирь)
Ф	Кровля фундамента
А	Подощва терригенного триаса / кровля домезозойского основания
Ја	Подощва юры / кровля терригенного триаса
Б	Кровля баженовской свиты и ее аналогов, верхняя юра, волжский ярус
М	Кровля кошайской (нейтинской) пачки, нижний мел, апт
Г	Кровля кузнецовской свиты, верхний мел, турон
С	Кровля ганькинской свиты, кровля мела

Рис. 2. Сейсмогеологический разрез по региональному профилю № 26: 1 – основные (а) и дополнительные (б) отражающие горизонты, 2 – разрывные нарушения

Южная часть Карского моря в тектоническом плане охватывает Южно-Карскую региональную депрессию, которая является северным окончанием Западно-Сибирской геосинеклизы [Супруненко и др., 2009]. В нефтегазоносном отношении эта часть акватории выделена в составе Южно-Карской нефтегазоносной области (НГО) Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП).

Анализ геолого-геофизических материалов позволяет сделать вывод о том, что палеозойские и мезозойско-кайнозойские отложения Ямальной, Гыданской НГО и южной части Карского моря имеют

аналогичное геологическое строение и в этих регионах наибольший интерес в отношении газоносности представляет апт-альб-сеноманский комплекс пород, в отношении жидких углеводородов – неокомские и юрские отложения [Конторович и др., 2017; Конторович, 2018].

На рис. 3 приведен временной разрез по региональному профилю, пересекающему п-в Ямал и южную часть Карского моря, протяженность которого составляет 890 км. Профиль пересекает Татаринновское и Западно-Маточкинское поднятия, расположенные в Карском море, Крузенштернское месторождение, которое находится на границе «море-континент», а также Бованенковское, Среднеямальское и Новопортовское месторождения, расположенные в Ямальской НГО. Анализ этих материалов позволяет сделать вывод о том, что все сейсмокомплексы, развитые на континентальной окраине Западной Сибири, продолжают в акваторию Карского моря.

Рис. 3. Сейсмогеологический разрез по композитному профилю Reg_II-II (Карское море – п-ов Ямал)

СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСАДОЧНЫЕ КОМПЛЕКСЫ, НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ

Палеозойский сейсмогеологический мегакомплекс (комплекс основания). На большей части Западно-Сибирского бассейна палеозойские отложения претерпели влияние процессов герцинской складчатости и раннетриасового рифтогенеза и представляют собой сильно метаморфизованные дислоцированные толщи, являющиеся фундаментом мезозойско-кайнозойского осадочного чехла. В этих зонах на временных разрезах ниже отражающего горизонта **А** фиксируется хаотический энергетически невыразительный рисунок сейсмической записи.

На востоке Западно-Сибирского бассейна в Предъенисейской зоне и в Енисей-Хатангском региональном прогибе под мезозойско-кайнозойскими отложениями залегают неопротерозойско-палеозойские платформенные отложения, аналогичные комплексам Сибирской платформы. Анализ сейсмических данных позволяет предполагать, что венд-кембрийские платформенные отложения Енисей-Хатангского прогиба протянулись на северо-восток Западной Сибири, получили развитие в Гыданской НГО и в виде отдельных блоков продолжают в южную часть Карского моря.

На рис. 4 приведен временной разрез по профилю Reg_109, который пересекает в меридиональном направлении всю территорию Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО), пересекая с юга на север Пур-Тазовскую и Гыданскую НГО. Анализ волновых полей позволяет сделать вывод о том, что в северном направлении мощность платформенных отложений, ниже которых на временных разрезах фиксируется хаотический рисунок сейсмической записи, увеличивается в три раза. Причем связано это как с появлением в разрезе триасового комплекса, так и развитием мощной 8-10-километровой толщи палеозойских платформенных отложений.

Рис. 4. Сейсмогеологические разрезы по профилям Reg_3 и Reg_109

Аналогичная картина наблюдается на широтных профилях, пересекающих Ямальскую и Гыданскую НГО. На п-ве Ямал палеозой представлен традиционной для Западной Сибири метаморфизованной толщей девонских карбонатов, отображающихся на временных разрезах хаотическим рисунком сейсмической записи. В этой зоне на Новопортовском месторождении открыта классическая для палеозоя Западной Сибири нефтяная залежь, сконцентрированная в девонских карбонатах.

Начиная от Обской губы и далее на восток, в разрезе палеозоя выделяется серия платформенных комплексов. В этой зоне рельеф кровли фундамента сильно дифференцирован, и в нем выделяются контрастные поднятия и прогибы. На этой территории в разрезе палеозоя наряду с верхним комплексом, который имеет плащеобразное распространение, в глубоких прогибах (врезах) появляются более древние осадочные толщи.

Анализ сейсмических материалов позволяет сделать вывод о том, что палеозойские платформенные отложения Енисей-Хатангского прогиба и п-ва Гыданский в виде отдельных блоков продолжаются в южную часть Карского моря (см. рис. 3).

Рис. 5. Сейсмогеологические разрезы по профилям, проходящим по линии Южно-Карский бассейн – Сибирский порог – Северо-Карский бассейн

В региональном плане в Южно-Карской НГО выделяются два крупных погруженных массива, в пределах которых резко увеличивается толщина платформенного палеозоя, а суммарная мощность фанерозойских платформенных отложений увеличивается до 12–14 км. Эти блоки, расположенные в западной и восточной частях Южно-Карской региональной депрессии, разделены крупным выступом фундамента, в пределах которого толщина платформенных отложений сокращается до 5 км (рис. 5).

Триасовый сейсмогеологический мегакомплекс. На севере Западной Сибири в составе триаса выделены красноселькупская и тампейская серии. Тампейская серия отвечает терригенному этапу седиментации, имевшему место в среднем-позднем триасе, красноселькупская – раннетриасовому вулканогенно-осадочному этапу седиментации. Тампейская серия, представленная терригенными породами – песчаниками, алевролитами и аргиллитами, выделена в составе триасового сейсмогеологического мегакомплекса. На временных разрезах триасовый комплекс пород характеризуется переменно-амплитудной субпараллельной сейсмофацией. Подошва терригенного триаса контролируется горизонтом **А**, кровля – отражающим горизонтом **Т**. Триасовые терригенные отложения получили развитие на большей части исследуемой территории и отсутствуют только на западе Ямальской НГО, в пределах Арктического вала и Приуральской зоны (см. рис. 4). Наиболее мощные отложения тампейской серии на территории Западной Сибири вскрыты скважинами СГ-6, СГ-7, где толщина терригенного триаса составляет 955 и 765 м соответственно. В 2017 г. на Гыданском п-ве пробурена скважина Гыданская–130, глубина которой составила 6126 м. Забой скважины находится в пурской свите тампейской серии, вскрытая мощность терригенного триаса составила 562 м. Согласно сейсмическим данным максимальные толщины триасового сейсмокомплекса в наиболее погруженных участках исследуемой территории могут достигать 2–2.5 км.

В целом в Ямальской, Гыданской и Южно-Карской НГО в направлении обрамления Западно-Сибирского бассейна, в направлении Урала, п-ва Таймыр, архипелага Новая Земля и Сибирского порога толщина триасовых отложений постепенно сокращается вплоть до их выклинивания на выступы фундамента.

Юрский сейсмогеологический мегакомплекс. На временных сейсмических разрезах юрский мегакомплекс ограничен в подошве отражающим горизонтом **I^а** и отражающим горизонтом **Б** (см. рис. 3).

Отражающий горизонт Б (верхняя юра, волжский ярус) на большей части Западной Сибири связан с баженовской свитой. Благодаря аномальности акустических свойств, выдержанности толщины свиты на значительных территориях и ее широкому распространению, этот горизонт является наиболее надежным сейсмическим репером в Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Волновой пакет **Б**, как правило, имеет длительность порядка 30–40 мс и представлен трехфазным колебанием; отражающий горизонт **Б** характеризуется высокой амплитудой, динамической выразительностью и устойчивостью. На исследуемой территории баженовская свита развита только в западной части в пределах Ямальской НГО. На Гыданском п-ве и, вероятно, в акватории Карского моря баженовская свита замещается гольчихинской свитой, которая характеризуется меньшей аномальностью всех физико-химических параметров. Несмотря на это, в разрезе свиты выделяются обладающие аномально-низкими скоростями распространения продольных сейсмических волн глинистые пачки, на которых формируются отраженные волны, не уступающие по динамике классическому горизонту **Б**.

Внутри юрского сейсмогеологического мегакомплекса выделяется серия квазипараллельных горизонту **Б** отражений **Т–Т₅**, формирующихся на углисто-глинистых пачках, выполняющих роль зональных флюидопоров и позволяющих разделить мегакомплекс на серию сейсмогеологических комплексов.

В целом юрский сейсмогеологический мегакомплекс распространен на всей исследуемой территории и, по аналогии с триасовым, характеризуется переменным амплитудным субпараллельным рисунком сейсмической записи. Максимальная толщина комплекса составляет 2–2.5 км, мощность комплекса регионально уменьшается в направлении обрамления Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции.

Юрские, в первую очередь бат-оксфордские отложения горизонтов Ю₂₋₄ и Ю₁, представляют несомненный интерес в отношении нефтегазоносности. В настоящее время в Ямальной и Гыданской НГО с этими горизонтами связана целая серия нефтегазовых залежей, открытых на Новопоротовской, Харасавэйской, Северо-Тамбейской, Геофизической и др. площадях. В акватории Карского моря промышленные притоки легкой нефти получены из горизонта Ю₁ на месторождении Победа.

Неокомский (берриас-нижнеаптский) мегакомплекс. На временных сейсмических разрезах основание неокомского комплекса контролируется отражающим горизонтом **Б**, кровля – горизонтом **М**.

Отражающий горизонт М (ранний мел, апт) на большей части Западной Сибири формируется на глинистой кошайской пачке, датируемой ранним аптом. На севере Западной Сибири возрастным и генетическим аналогом кошайской пачки является нейтинская пачка, залегающая в средней части танопчинской свиты. Волновой пакет **М** представлен цугом колебаний, внутри которого происходит перераспределение энергии между отдельными фазами интерференционной волны. Этот горизонт характеризуется невысоким качеством прослеживания и является наименее надежным сейсмическим репером в осадочном чехле Западной Сибири.

В составе неокомского мегакомплекса выделяют клиноформный и шельфовый комплексы пород [Наумов и др., 1977; Нежданов, 1988; Карогодин и др., 2000]. Четкой отражающей границы, разделяющей клиноформный и шельфовый комплексы, нет. Клиноформная часть неокома отображается на временных разрезах серией косослоистых отражающих горизонтов, последовательно приближающихся к горизонту **Б**.

Наиболее динамически выраженные и прослеживаемые на относительно больших расстояниях косослоистые отражающие горизонты формируются на глинистых пачках, которые обладают аномально низкими скоростями распространения продольных сейсмических волн и контролируют региональные клиноформы. Формирование глинистых пачек происходило на трансгрессивных этапах развития и связано с паузами в латеральном привносе терригенного материала и вертикальным осаднением тонкой взвеси, которое не контролировалось палеорельефом.

Геологические тела, ограниченные энергетически выраженными наклонными отражающими горизонтами, представлены песчаниками, алевролитами и аргиллитами, формировались на регрессивных этапах развития, когда шел процесс латерального привноса терригенного материала и активного бокового наращивания палеосклона.

В зоне шельфа отражающие горизонты, приуроченные к кровлям и подошвам клиноформ, прослеживаются субпараллельно отражающему горизонту **Б**, при этом значения ΔT между этими

горизонтами монотонно и незначительно уменьшается в направлении падения клиноформ. В области континентального склона углы наклона отражающих горизонтов резко увеличиваются, а в глубоководной зоне вновь выполаживаются. На большей части Западно-Сибирского бассейна неомские отражающие горизонты наклонены в западном и северо-западном направлениях. Встречные клиноформы, погружающиеся в восточном направлении, фиксируются на единичных сейсмических профилях, при этом осевая зона, где "встречаются" клиноформы западного и восточного падения, расположена вблизи Урала (рис. 6).

Ассиметричное строение неомского комплекса Западной Сибири свидетельствует о том, что в берриас-барреме юго-восточное и восточное обрамления Западной Сибири существенно возвышались над Уралом и основной объем терригенного материала сносился с Алтае-Саянской складчатой области и Сибирской платформы. На исследуемой территории клиноформы западного и восточного падения встречаются на западе Ямальской НГО на уровне Арктического мегавала.

На территории Западной Сибири неомский комплекс пород является основным нефтеносным комплексом и с ним связано более 80 % нефтяных залежей. Условия формирования неомских отложений и постседиментационные тектонические процессы предопределили распределение резервуаров и флюидоупоров и типы ловушек, контролирующих залежи углеводородов.

Клиноформы восточного падения, как правило, представлены глинистыми разностями, не содержат коллекторов и не представляют интереса в отношении нефтегазоносности.

Рис. 6. Фрагмент сейсмогеологического разреза по региональному профилю Reg_19

В пределах западных клиноформ, в области перехода шельфа в континентальный склон, происходит глинизация шельфовых песчаных пластов, а в зонах перехода континентального склона в глубоководную часть клиноформ формируются песчаники ачимовской толщи.

Шельфовые песчаные пласты неокома развиты на обширных территориях, сконцентрированные в них залежи углеводородов, как правило, контролируются антиклинальными структурами. Глубоководные ачимовские песчаники имеют линзовидное распространение и характеризуются неустойчивостью фильтрационно-емкостных свойств. Связанные с ними залежи контролируются неантиклинальными литологическими и структурно-литологическими ловушками.

В Ямальской и Гыданской НГО неомомский комплекс пород имеет классическое для Западной Сибири строение – на временных разрезах фиксируется косослоистый рисунок сейсмических данных и выделяется серия клиноформ, последовательно погружающихся в западном и северном направлении (см. рис. 3).

В Южно-Карской НГО неомомские отложения также имеют клиноформное строение. На временных разрезах фиксируются косослоистые отражающие горизонты, последовательно приближающиеся к горизонту **Б**, приуроченному к кровле юры. При этом на сейсмических разрезах по профилям, ориентированным в широтном направлении параллельно архипелагу Новая Земля, выделяются косослоистые отражающие горизонты, погружающиеся как в западном, так и в восточном направлениях и сходящиеся в центральной части Южно-Карской региональной депрессии (рис. 7). На сейсмических разрезах по меридиональным профилям, связывающих континентальную и морскую части рассматриваемой территории, выделяются клиноформы южного и северного падения (см. рис. 5). При этом осевая часть неомомского бассейна, в пределах которой сходятся меридиональные клиноформы, проходит вблизи береговой линии [Конторович и др., 2017; Конторович, 2018].

Рис. 7. Неомом Южно-Карской региональной депрессии (фрагменты временных разрезов по широтному профилю Reg_13 (А) и меридиональному Car_Sea-Cont_II (Б))

Морфология клиноформ Южно-Карской НГО позволяет сделать вывод о том, что в этом регионе формирование неокомского комплекса происходило за счет поступления терригенного материала с севера (архипелаг Новая Земля), запада (о. Вайгач) и востока (Сибирский порог), которые возвышались над уровнем моря и выполняли роль источников сноса.

В отличие от восточных клиноформ Западной Сибири, в пределах которых шельфовые части имеют незначительные размеры, клиноформы Южно-Карской НГО в поперечном сечении достигают 200–250 км и имеют нормальные углы наклона континентального склона, что позволяет рассчитывать на формирование выдержанных шельфовых песчаных пластов и линзовидных песчаников ачимовской пачки, представляющих интерес в отношении нефтегазоносности. Кроме этого, в рельеф кровли неокома Южно-Карской НГО выделено 30 локальных поднятий – потенциальных ловушек для залежей углеводородов.

Апт-альб-сеноманский мегакомплекс. На временных разрезах апт–альб–сеноманский мегакомплекс контролируется отражающими горизонтами **М**, **М₁** в подошве и **Г** в кровле.

Отражающий горизонт Г (верхний мел, турон), формирующийся на пачке аргиллитов кузнецовской свиты, наряду с горизонтом **Б**, является наиболее надежным сейсмическим репером в Западной Сибири – на большей части территории бассейна горизонт обладает высоким энергетическим уровнем, динамической выразительностью и устойчивостью.

Отражающий горизонт **Г** разделяет два сейсмогеологических мегакомплекса, характеризующихся различными рисунками сейсмической записи. Для преимущественно континентальных отложений апт-альб-сеномана характерны прерывистые, хаотически распределенные отражения; для перекрывающих морских отложений турон-маастрихтского мегакомплекса – выдержанные, энергетически выраженные отражающие горизонты с протяженными осями синфазности.

В разрезе апт-альб-сеномана отсутствуют выдержанные глинистые пачки, обладающие аномальными акустическими характеристиками. Несмотря на то, что в Ямальской, Гыданской и Южно-Карской НГО в разрезе комплекса выделяется таноупинский (Ханты-Мансийский) региональный флюидоупор, контролирующий значительные газовые залежи в пластах группы ТП, он не обладает аномальными скоростями и с трудом поддается сейсмической корреляции на значительных территориях. На локальных площадях внутри апт-альб-сеноманского мегакомплекса выделяются приуроченные к локальным и зональным флюидоупорам относительно устойчивые отражающие горизонты, интенсивность и динамическая выразительность которых существенно меняются по площади.

В основании апт-альб-сеноманского мегакомплекса в северных и Арктических регионах Западной Сибири и в акватории Карского моря выделяется 250-метровая толща, характеризующаяся высоким энергетическим уровнем и неустойчивостью отражающих горизонтов (см. рис. 4). В работах многих исследователей отмечалось, что на севере Западной Сибири источником сухого сеноманского газа, наряду с глубокозалегающими горизонтами юры, являются толщи, обогащенные углистым веществом, залегающие в низах апта и находящиеся в верхней зоне газообразования. В классическом терригенном разрезе аномальными акустическими характеристиками, способными формировать такие высокоамплитудные неустойчивые цуги сейсмических колебаний, обладают только пласты углей и

углистых аргиллитов. Вероятно, в Арктическом секторе Западной Сибири, именно эта обогащенная гумусовой органикой газопроизводящая толща и находит отражение в волновых сейсмических полях.

В арктических регионах Западной Сибири и акватории Карского моря апт-альб-сеноманский комплекс пород является наиболее перспективным в отношении газоносности. С ним связаны уникальные газовые месторождения, контролируемые, как правило, высокоамплитудными антиклинальными структурами. Анализ геолого-геофизических материалов показал, что крупные газовые залежи апт-альб-сеноманского комплекса находят отражение в волновых сейсмических полях [Конторович и др., 2017; Конторович, 2018]. Причем эти сейсмические аномалии выделяются как в континентальной части исследуемой территории, так и в акватории.

На поднятиях, к которым приурочены массивные сеноманские газовые залежи, на временных разрезах часто выделяются газо-водяные контакты (ГВК) – на контакте газо- и водонасыщенных песчаников горизонта **ПК₁**, залегающего под кузнецовским региональным флюидоупором, формируется интенсивная отраженная волна (рис. 8). На таких объектах под антиклинальными структурами, выделяемыми в рельефе приуроченного к кровле сеномана отражающего горизонта **Г**, фиксируются локально развитые отражающие сейсмические горизонты, которые в направлении склонов поднятий сливаются с горизонтом **Г**. Приуроченные к ГВК отражающие горизонты, как правило, прослеживаются квазигоризонтально или имеют выпуклую вниз форму и секут разновозрастные отложения.

Апт-альбские пластовые газовые залежи отображаются на временных разрезах резким увеличением амплитуд сейсмической записи и формированием сейсмической аномалии «яркого пятна» (рис. 9). Этот эффект существенно усиливается при наличии серии залежей в близкорасположенных газонасыщенных песчаных пластах, что является типичным для месторождений севера Западной Сибири. В этом случае происходит формирование интерференционной волны и энергия сейсмической аномалии существенно возрастает.

Рис. 8. Сейсмические образы газовых залежей месторождений Круженштерское и Победа

Рис. 9. Сейсмические образы газовых залежей Ленинградского и Южно-Тамбейского месторождений

Турон-маастрихтский и кайнозойский мегакомплексы. Залегающие в верхней части мезозойско-кайнозойского осадочного чехла отложения верхов мела и кайнозоя разделены регионально развитой глинистой пачкой талицкой свиты на два осадочных мегакомплекса: турон-маастрихтский и кайнозойский.

Турон-маастрихтский сейсмогеологический мегакомплекс контролируется отражающим горизонтом **Г** в подошве, **С** – в кровле; кайнозойский мегакомплекс – отражающим горизонтом **С** в подошве и дневной поверхностью (линией приведения) в кровле. В Надым-Пурском междуречье отражающий горизонт **С** характеризуется высоким энергетическим уровнем, динамической устойчивостью и надежно прослеживается на временных сейсмических разрезах.

Турон-маастрихтский мегакомплекс характеризуется высокоамплитудным субпараллельным рисунком сейсмической записи, кайнозойский – преимущественно хаотическими волновыми полями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа посвящена анализу геологического строения и оценке перспектив нефтегазоносности арктических регионов Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. В географическом плане исследуемая территория охватывает п-ова Ямал, Гыданский и южную расположенную к югу от архипелага Новая Земля часть Карского моря.

Анализ геолого-геофизических материалов показал, что южная часть Карского моря в геологическом плане является продолжением Западно-Сибирского осадочного бассейна, в нефтегазоносном отношении рассматриваемый регион включает Ямальскую, Гыданскую и Южно-Карскую нефтегазоносные области (НГО) Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции (НГП). В конце XX–

начале XXI века в этих регионах выполнены большие объемы сейсморазведочных работ МОГТ и глубокого бурения, которые привели к открытию нефтяных и газовых месторождений как на континенте, так и в акватории.

На севере Западной Сибири в разрезе мезозойско-кайнозойских отложений выделено шесть сейсмогеологических мегакомплексов, контролируемых в кровле регионально развитыми морскими глинистыми пачками – мегарегиональными флюидоупорами, к которым приурочены региональные сейсмические реперы.

Юрский, неомский и апт-альб-сеноманский мегакомплексы являются основными нефтегазоносными комплексами на территории Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, и в качестве самостоятельного объекта нефтепоисковых работ выступают палеозойские отложения.

По результатам проведенных исследований построены региональные сейсмогеологические модели, рассмотрены перспективы нефтегазоносности палеозойских и мезозойских осадочных комплексов Арктических регионов Западной Сибири и южной части акватории Карского моря.

В частности, сделаны выводы о том, что:

- в Гыданской и Южно-Карской НГО мезозойско-кайнозойский осадочный чехол залегает на мощной толще палеозойских платформенных отложений;
- в разрезе мезозоя наиболее перспективными в отношении жидких углеводородов являются средне-верхнеюрские и неомские отложения, причем неомский клиноформный комплекс Ямальской и Гыданской НГО имеет традиционное для Западной Сибири строение и образовывался за счет сноса терригенного материала с восточного и юго-восточного обрамления Западно-Сибирского бассейна; формирование клиноформ Южно-Карской НГО происходило за счет разрушения воздымавшихся над уровнем моря массивов архипелага Новая Земля и Сибирского порога;
- наиболее перспективными в отношении газоносности являются апт-альб-сеноманские отложения, при этом крупные газовые залежи находят отражение в волновых сейсмических полях: на массивных сеноманских залежах на временных разрезах формируются отражающие горизонты от газодляных контактов; апт-альбские пластовые залежи отображаются на временных разрезах резким увеличением амплитуд волновых полей – «ярким пятном».

Работа выполнена в рамках проектов НИР ИНГГ СО РАН при финансовой поддержке проекта РФФИ 18–05–70105 «Ресурсы Арктики» и научного проекта РФФИ 18–35–00492.

ЛИТЕРАТУРА

- Карогодин Ю.Н., Казаненков В.А., Рыльков С.А., Ершов С.В.** Северное Приобье Западной Сибири. Геология и нефтегазоносность неокома: Системно-литологический аспект / Науч. ред. акад. А.Э. Конторович. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000. – 200 с.
- Конторович А.Э., Эпов М.И., Бурштейн Л.М., Каминский В.Д., Курчиков А.Р., Малышев Н.А., Прищепа О.М., Сафронов А.Ф., Ступакова А.В., Супруненко О.И.** Геология, ресурсы углеводородов

шельфов арктических морей России и перспективы их освоения // Геология и геофизика. – 2010. – Т. 51, № 1. – С. 7–17.

Конторович А.Э. Пути освоения ресурсов нефти и газа российского сектора Арктики // Вестник РАН. – 2015. – Т. 85, № 5–6. – С. 420–430.

Конторович В.А., Аюнова Д.В., Губин И.А., Калинин А.Ю., Калинина Л.М., Конторович А.Э., Малышев Н.А., Скворцов М.Б., Соловьев М.В., Сурикова Е.С. История тектонического развития арктических территорий и акваторий Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции // Геология и геофизика. – 2017. – Т. 58, № 3–4. – С. 423–444.

Конторович В.А. Нефтегазоносность Карского моря // Деловой журнал Neftegaz.RU – 2018. – № 11. – С. 34–43.

Конторович А.Э., Бурштейн Л.М., Малышев Н.А., Сафронов П.И., Гуськов С.А., Ершов С.В., Казаненков В.А., Ким Н.С., Костырева Е.А., Меленевский В.Н., Лившиц В.Р., Поляков А.А., Скворцов М.Б. Историко-геологическое моделирование процессов нефтидогенеза в мезозойско-кайнозойском осадочном бассейне Карского моря (бассейновое моделирование) // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54, № 8. – С. 1179–1226.

Наумов А.Л., Онищук Т.М., Биншток М.М. Об особенностях формирования разреза неоконских отложений Среднего Приобья // Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири. – Тюмень: ТИИ, 1977. – С. 39–49.

Нежданов А.А. Основные закономерности строения сейсмостратиграфических комплексов неокон Западной Сибири // Геофизические методы при обосновании объектов нефтепоисковых работ в центральных районах Западной Сибири. – Тюмень: ЗапСибНИГНИ, 1988. – С. 62–70.

Супруненко О.И., Устрицкий В.И., Зуйков О.Н. Геолого-геофизическое районирование севера Баренцево-Карского шельфа по данным сейсморазведки // Геология нефти и газа. – 2009. – № 4. – С. 17– 25.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

КОНТОРОВИЧ Владимир Алексеевич – доктор геолого-минералогических наук, член-корреспондент РАН. Крупный специалист в области нефтегазоносности, тектоники и сейсмостратиграфии осадочных бассейнов Сибири. Область научных интересов: разработка методов прогнозирования геологического разреза, выявление и детальное картирование залежей углеводородов на базе комплексного анализа геолого-геофизических данных, разработка геолого-геофизических методов поиска месторождений нефти и газа в различных осадочных комплексах Сибири от венда до сеномана включительно.

АЮНОВА Дарья Владимировна – научный сотрудник ИНГГ СО РАН. Специалист в области интерпретации сейсморазведочных материалов и данных ГИС. Основные научные интересы: сейсмогеологическая и структурно-тектоническая характеристики, нефтегазоносность мезозойско-кайнозойского комплекса Западной Сибири.

ГУСЕВА Софья Михайловна – аспирант и младший научный сотрудник ИНГГ СО РАН. Специалист в области комплексной интерпретации материалов сейсморазведки и ГИС. Основные научные интересы:

тектоническое строение, структурная характеристика, история тектонического развития, геологическое строение, перспективы нефтегазоносности мезозойско-кайнозойского комплекса арктических регионов Западной Сибири.

КАЛИНИНА Людмила Михайловна – кандидат геолого-минералогических наук. Специалист в области интерпретации материалов ГИС и комплексного анализа сейсмогеологических материалов. Основные научные интересы: анализ геологического строения, условия формирования и нефтегазоносность мезозойских и палеозойских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы.

КАЛИНИН Александр Юрьевич – кандидат геолого-минералогических наук. Основные научные интересы: геологическое строение, условия формирования и нефтегазоносность мезозойских и палеозойских отложений Западной Сибири и Арктики.

КАНАКОВ Михаил Сергеевич – научный сотрудник ИНГГ СО РАН. Специалист в области сейсмогеологического и математического моделирования волновых полей.

СОЛОВЬЕВ Максим Владимирович – кандидат геолого-минералогических наук. Специалист в области комплексной интерпретации данных сейсморазведки и глубокого бурения. Основные научные интересы: геологическое строение, условия формирования и нефтегазоносность мезозойских и палеозойских отложений Западно-Сибирской геосинеклизы и северных районов Восточной Сибири.

СУРИКОВА Екатерина Сергеевна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, научный сотрудник ИНГГ СО РАН. Специалист в области комплексной интерпретации материалов ГИС, сейсморазведки. Область научных интересов: тектоника и нефтегазоносность северных и арктических регионов Западной Сибири на основе интерпретации данных сейсморазведки МОГТ и данных глубокого бурения, построение сейсмогеологических моделей месторождений территории Западной Сибири.

ТОРОПОВА Татьяна Николаевна – заведующая лабораторией сейсмостратиграфии СНИИГГиМС. Специалист в области интерпретации сейсмических данных, сейсмофациального и сейсмостратиграфического анализа. Основные научные интересы: палеогеография, сейсмофациальный и палеотектонический анализ северо-восточных районов Западной Сибири.