

УДК 553.98:551.462.32(1-922)

**А.В. Ступакова, А.А. Суслова, Р.С. Сауткин, М.А. Большакова, И.А. Санникова,
М.А. Агашева, Д.А. Катков, Д.А. Пушкарёва, Ю.А. Карпов**

Перспективы открытия новых месторождений в пределах арктического шельфа

Ключевые слова:

арктический
шельф РФ,
месторождения
углеводородов,
бассейновый
анализ,
нефтегазоносность.

Keywords:

Russian Arctic
continental margin,
hydrocarbon fields,
basinal analysis,
gas-and-oil-bearing
capacity.

Арктика является одним из стратегических объектов для поиска и открытия новых крупных и уникальных месторождений нефти и газа. Для изучения геологического строения арктических бассейнов, а также выявления наиболее привлекательных объектов для бурения необходимо провести полный комплекс исследований от региональных сейсморазведочных работ до детального изучения генерационного потенциала нефтематеринских пород и фильтрационно-емкостных свойств резервуаров.

В настоящее время Арктика – это один из немногих оставшихся неразведанными регионов, где еще можно найти крупные и уникальные месторождения нефти и газа, и привлекает внимание, с одной стороны, как потенциал значительного прироста ресурсов страны, а с другой – как геополитический объект, освоение которого может привести к перераспределению инфраструктуры арктических государств. Понимание закономерностей распределения основных ресурсов Арктики позволит предугадать рациональные пути развития крупных промышленных центров Арктического региона. Неспроста страны, имеющие выход на арктический шельф, часто спорят из-за границ.

Бассейновый анализ дает представление о времени формирования современного структурного плана региона и протекающих в нем флюидодинамических процессах. При этом важно понимать строение бассейна не только в современных границах, но и в палеограницах с учетом древнего структурного плана, который часто в связи с плохой изученностью исключается из осадочного чехла региона и не рассматривается применительно к его нефтегазоносности. В работах коллектива кафедры геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета МГУ в основу бассейнового анализа положен принцип тесной взаимосвязи формирования структуры и нефтегазоносности древнего осадочного палеобассейна (возможно, в настоящее время складчатого и метаморфизованного) и современного структурного плана как непосредственного объекта поиска углеводородов [1–3].

Бассейновый анализ акватории Российской Арктики показывает, что здесь будут открыты новые крупные месторождения нефти и газа. В настоящее время крупные газовые открытия (месторождения Штокмановское, Русановское, Ленинградское, Победа) сделаны в российском секторе в акватории Баренцева и Карского морей. Крупные газонефтяные месторождения открыты в американском секторе (месторождения Прадхо-Бей, Бургер, Лисберн) и связаны с верхнеэлсмирским (верхнепермско-верхнеюрским), рифтовым (верхнеюрско-раннемеловым), раннебрукинским (меловым) и позднебрукинским (кайнозойским) нефтегазоносными комплексами [4]. Распространение и потенциал данных комплексов в прилегающем секторе Российской Арктики остаются слабо изученными в связи с отсутствием бурения и недостаточной сеткой региональных сейсмических профилей. Поскольку разрез шельфа не вскрыт скважинами в восточной части Российской Арктики, единственным источником изучения разреза осадочного бассейна являются архипелаги островов. Комплексный анализ доступных геолого-геофизических данных, таких как карта гравитационных и магнитных аномалий, данные сейсморазведки, описание опорных разрезов прилегающих островов и данные бурения на шельфе дают возможность спрогнозировать возраст осадочного чехла и распространение отложений в пределах бассейнов [5].

Бассейновый анализ

В основе бассейнового анализа лежит модель структуры всего осадочного чехла, изучение которой проводится послойно в соответствии с основными этапами формирования арктического региона в целом. Изучая осадочный чехол в пределах отдельных участков шельфа, невозможно восстановить полностью картину распределения нефтегазоносности в структурах разного типа и возраста. Часто структуру бассейна интерпретируют по-разному в зависимости от тех или иных задач, которые стоят перед исследователем. Примером тому служит достаточно большое количество версий структурных и тектонических карт.

Коллектив МГУ им. М.В. Ломоносова тоже вложил свою лепту в понимание строения этих регионов, ставя перед собой задачу раздельного прогноза зон нефте- и газонакопления. Основной принцип построения структуры бассейна для раздельного фазового прогноза лежит в выделении в любом осадочном бассейне эпицентра его погружения и зон обрамления. В предшествующих работах уже сделаны попытки посмотреть на нефтегазоносные бассейны Российской Арктики как на единую систему развития сверхглубоких депрессий, под которыми понимаются области длительного и устойчивого погружения, компенсированные большим количеством осадочного материала (более 10 км). Были показаны аналогии в строении бассейнов баренцевоморского шельфа и севера Западной Сибири, что позволило рассматривать их в качестве единой мегапровинции и спрогнозировать новые пояса нефте- и газонакопления. Для поиска скоплений углеводородов помимо осмысления структуры всего бассейна необходимо провести полный комплекс геологических исследований резервуаров нефти и газа, источников генерации углеводородов, разного типа ловушек и выявить степень взаимодействия всех критериев, определяющих нефтегазоносность бассейна.

В пределах арктического шельфа доказанные и потенциально нефтегазоносные бассейны расположены в пределах двух крупных блоков земной коры. Западный, евразийский, блок занимает окраины Восточно-Европейской и Восточно-Сибирской платформ и включает Баренцево, Карское моря, западную часть моря Лаптевых и прилегающие территории суши. Восточный, амеразийский, блок включает восточную часть моря Лаптевых, Восточно-

Сибирское море с Новосибирскими островами и Чукотское море с островами Врангеля и Геральда и прилегающей сушей. Разделами между блоками служит в акватории Северо-Арктической рифтовой зоны, в пределах которой выделяется подводный хребет Гаккеля и смежные с хребтом глубоководные котловины Амундсена и Нансена. В море Лаптевых продолжение Северо-Арктической зоны прослеживается в виде системы грабенов-горстов, по мере продвижения на юго-восток переходящих в складчатую систему Верхоянской области, которая могла являться древним аналогом рифтовой зоны, претерпевшей складчатость. Сходство в строении палеозой-мезозойских разрезов удаленных друг от друга бассейнов может служить определенным доказательством единства условий осадконакопления в пределах всего региона Арктики (рис. 1).

В осадочном чехле этого крупного региона прослеживается много общих стратиграфических комплексов и несогласий, которые свидетельствуют о сходстве геологических условий формирования [6]. Среди структур первого порядка, которые определяют зональность распределения углеводородов, наиболее важны следующие:

- сверхглубокие депрессии как эпицентры погружения и максимального осадконакопления бассейна – это наиболее прогнутые части осадочного бассейна, представляющие собой систему линейных прогибов рифтогенной природы, испытывавших длительное компенсированное осадками погружение. Сверхглубокие депрессии характерны для палеозой-мезозойских бассейнов, где мощность осадочного чехла удваивается за счет палеозойского и мезозойского осадочных комплексов. Ширина сверхглубокой депрессии составляет 100–200 км, а протяженность достигает 1000 км и более. В эпицентрах погружения консолидированная кора утонена до 10–15 км, а скорости продольных волн в ней характерны для базальтового слоя. Глубина подошвы земной коры (граница Мохо) в таких прогибах изменяется от 25–35 км в осевых зонах погружения до 40–42 км в бортовых частях.

Склоны сверхглубоких депрессий, которые, как правило, асимметричны: один борт крутой и представляет собой тектонический уступ по глубинному разлому на границе между платформенным массивом и областью прогибания; другой борт ступенчатый и включает

тектонически раздробленную зону, часто называемую зоной тектонических ступеней, и моноклираль. По нижним горизонтам ступенчатый борт представляет собой узкую линейную зону блоковых сильно нарушенных разломами тектонических структур, погружающихся от жесткого платформенного массива к осевой части депрессии, а по верхним горизонтам имеет моноклиральное строение. К склонам относятся и моноклинали сопряженных древних структур;

- зоны поднятий жестких платформенных массивов или структурные выступы пород рифейского осадочно-метаморфизованного комплекса. Средняя мощность осадочного чехла в их пределах изменяется от 3–4 до 5–6 км. Эти поднятия ограничивают области погружения бассейна практически на всем их протяжении;
- краевые прогибы в областях развития складчатости (зона надвигов и краевых поднятий).

В пределах структур первого порядка выделяются структуры второго порядка. К ним относятся наложенные впадины и прогибы, седловины и инверсионные валы. Седловины и инверсионные валы в составе сверхглубокой депрессии представляют особый интерес для поисково-разведочных работ применительно к нефти и газу, так как часто содержат крупные и уникальные газовые месторождения. Инверсионные валы, как правило, линейно вытянуты вдоль оси погружения и бортов сверхглубоких депрессий. Седловины формируются в пределах депрессий на пересечении разнонаправленных и, возможно, разновозрастных тектонических элементов более крупного порядка. Несмотря на то что многочисленные вертикальные движения и процессы эрозии сильно исказили палеоструктурный план бассейна, некоторые особенности строения структур на временных сейсмических разрезах (подошвенное прилегание, эрозионное срезание) позволяют определить время формирования и амплитуду поднятий [7].

Палеозойские бассейны Российской Арктики

Палеозойские бассейны известны в пределах западной части Российской Арктики и расположены на окраинах древних платформ – Восточно-Европейской и Восточно-Сибирской – или их акваториальных аналогов. К ним относятся в первую очередь хорошо изученный Тимано-Печорский бассейн

и бортовые зоны Енисей-Хатангского прогиба, Свальбардский и Северо-Карский бассейны [8]. Для всех этих бассейнов характерно сходство строения палеозойского разреза и основных этапов их тектонической перестройки, что позволяет проследить единые тектонические рубежи в их формировании. В восточной части Российской Арктики роль палеозойских толщ в формировании нефтегазоносности до сих пор не доказана и является вопросом дискуссионным. Тем не менее в американском секторе палеозойские отложения нефтегазоносны, что подтверждается открытием месторождений на северном материковом склоне Аляски. Для арктических бассейнов исследователями МГУ им. М.В. Ломоносова составлена единая схема корреляции разрезов островного обрамления, которая показывает распространение палеозойских комплексов на всей акватории Арктики. Основные этапы тектонической перестройки большинства бассейнов связаны с позднесилурийско-раннедевонским, позднедевонско-раннекаменноугольным, позднекаменноугольно-раннепермским и позднепермским периодами. Палеозойские отложения западной части Российской Арктики вскрыты скважинами в Баренцевом море, на прилегающей суше Карского моря. Палеозойскими отложениями сложены архипелаги Новой Земли, Свальбарда, Земли Франца Иосифа, Северной Земли [9, 10].

Палеозойские отложения восточного сектора принято относить к складчатому основанию или фундаменту. Тем не менее предположительно палеозойские и мезозойские породы смяты в складки не повсеместно, а лишь там, где они претерпели тектонические деформации на отдельных этапах становления бассейна. К таким деформациям можно отнести инверсионные, складчато-надвиговые процессы в пределах древних сверхглубоких депрессий, сдвиговые деформации, интрузивную и вулканическую деятельность. Этапы тектонических деформаций хорошо коррелируются не только в пределах восточного сектора Российской Арктики, но и по всей Арктической зоне. Так, например, близкие датировки протолитов гранитных интрузий и ортогнейсов на арктическом побережье Чукотки показывают связь магматизма в блоке «Арктическая Аляска – Чукотка» с Протоуральской орогенцией [11]. Связь между западной и восточной частями Арктики подтверждают многочисленные цирконы в Восточной Арктике с Тиманского

складчатого пояса и каледонского орогена Скандинавии. Также предполагается, что верхнедевонские-пермские осадочные породы архипелага Северная Земля, о-ва Врангеля и Новосибирских о-вов, вероятно, имели близкий источник обломочного материала [12, 13]. Популяция палеозойских цирконов из верхнекаменноугольных-пермских отложений на о-ве Котельный может быть скоррелирована с позднепалеозойскими магматическими породами, известными на Урале. Полученные возрасты обломочных цирконов из верхнекаменноугольных-нижнепермских песчаников о-ва Котельный тоже очень близки таковым из нижнепермских пород соседнего о-ва Бельковский и триасовых отложений о-ва Врангеля. Уральский ороген также был предположен в качестве главного источника сноса для нижнепермских пород о-ва Бельковский, а Э. Миллер и др. интерпретировали Урал как источник сноса для триасовых обломочных толщ на о-ве Врангеля, Чукотке и Новосибирских о-вах [12, 13]. Тест Колмогорова–Смирнова, предназначенный для проверки формы распределения, показал высокую вероятность одинакового возраста отложений, что предполагает схожий источник сноса для пермских обломочных пород Новосибирских о-вов и триасовых отложений о-ва Врангеля [12].

Сходство цирконов в столь отдаленных друг от друга регионах свидетельствует скорее не о близости их расположения в тот или иной период геологической истории, а о дальней транспортировке материала вдоль единой зоны погружения. Предполагается, что эти арктические регионы являлись частью единого тектонического элемента, куда поступали осадки из одного источника сноса, но не с Сибирской платформы [12]. Если предположить существование в палеозойское время единой сверхглубокой депрессии в Восточной Арктике, имеющей связь с Енисей-Хатангской и Пайхой-Таймырской зонам осадконакопления, то объяснить сходство цирконов можно транспортировкой цирконов в пределах единой системы прогибов, протягивающихся в субширотном направлении.

Крупный прогиб восточного сектора Российской Арктики предлагается назвать Восточно-Арктической сверхглубокой депрессией, которая заложилась еще в палеозое – в позднедевонское-раннекаменноугольное время. Восточно-Арктическая сверхглубокая

депрессия могла быть ограничена как с юга, так и с севера древними массивами. С юга ее ограничивают окраина Восточно-Сибирской платформы и массивы Колымо-Омолонской зоны, на севере обрамляют поднятия Де-Лонга, Менделеева, Северо-Чукотское. Строение Восточно-Арктической сверхглубокой депрессии указывает на ее рифтогенную природу. Вся современная структура бассейнов восточного сектора Российской Арктики определяется историей развития зоны сверхглубокой депрессии. В поздней юре – раннем мелу в результате раннебрукинской складчатости в центральной ее части сформировались горстовые инверсионно-сдвиговые поднятия Врангелевско-Геральдской и Центрально-Восточно-Сибирской складчатой зоны. Поднятия разделены субширотными впадинами Восточно-Сибирского и Чукотского морей (Новосибирский прогиб, Северо-Чукотская и Южно-Чукотская впадины). В позднем мелу – палеогене эти структуры были разбиты субмеридиональными грабенами за счет формирования арктической зоны рифтогенеза. В результате образовались более мелкие кайнозойские структуры, грабены и горсты, которые наложены на более древние субширотные линейные элементы. Наиболее четко картируемые кайнозойские структуры на шельфе Восточно-Сибирского моря – Денбарский прогиб, Амбарчинский прогиб, Пегтымельский прогиб, Дремхедский грабен. На шельфе Чукотского моря к кайнозойским структурам субмеридионального простирания можно отнести Чукотский желоб. По мере отдаления от оси спрединга по линии хребта Гаккеля – моря Лаптевых интенсивность проявления кайнозойских грабенов и горстов субмеридионального простирания уменьшается.

Мезозойские бассейны

Мезозойские осадочные бассейны в российской части Арктики закладывались унаследованно на более древних рифейских и палеозойских бассейнах, удваивая мощность осадочного чехла. Формировались они во время заложения впадин Северного Ледовитого океана в условиях обширной пассивной континентальной окраины. Разрез сложен терригенными породами. С триасовым периодом связана первая фаза складчатости на Новой Земле и Таймыре. В составе мезозойского комплекса прослеживают триасовый эффузивно-терригенный и юрско-меловой терригенный, часто угленосный, комплексы [14].

Среди стратиграфических несогласий регионально выдержанными являются несогласие в кровле верхней перми – подошве триаса, на рубеже среднего и верхнего триаса, в подошве юрского комплекса и на границе нижнего и верхнего мела (предсеноманское несогласие). Внутри комплексов разных бассейнов часто прослеживаются разновозрастные несогласия. В юрском комплексе проявляются несогласия на границах нижней и средней юры (предааленское) и средней и верхней юры (предкелловейское). В меловом комплексе помимо предсеноманского несогласия прослеживается несогласие на границе неокома и апта-альба. Все эти стратиграфические реперы отражают структурные перестройки всего региона и непосредственно влияют на распределение нефтегазонасыщенности по комплексам.

В Восточной Арктике с конца юры и в меловой период продолжалось заложение впадин, ориентированных вдоль регионального тектонического пояса «хребет Гаккеля – Верхоянская складчатая система». Омоложение впадин происходило по мере продвижения на восток. Эти впадины разбивали жесткие платформенные массивы – Колымо-Омолонский, Де-Лонга,

Ломоносовский – и накладывались на древние бассейны палеозойского возраста. Заполнены впадины позднеюрскими-меловыми угленосными отложениями, перекрытыми впоследствии унаследованными кайнозойскими комплексами. Примером такой впадины на суше может служить Момо-Зырянский осадочный бассейн, где верхнеюрско-меловой разрез осадочного чехла достигает 8–10 км, а строение и состав отложений мезо-кайнозойского комплекса, выявленного на суше, позволяют прогнозировать аналогичный разрез в акваториальной части бассейнов восточной части Российской Арктики.

Кайнозойские бассейны

Палеогеновая эпоха ознаменовалась ослаблением тектонической активности и выравниванием резкорасчлененного складчатого альпийского рельефа. Формируется сравнительно сглаженная поверхность выравнивания. Западная часть Российской Арктики была, видимо, относительно приподнята, а накопившиеся во впадинах кайнозойские терригенные отложения размыты в результате четвертичного оледенения. Восточный сектор Российской

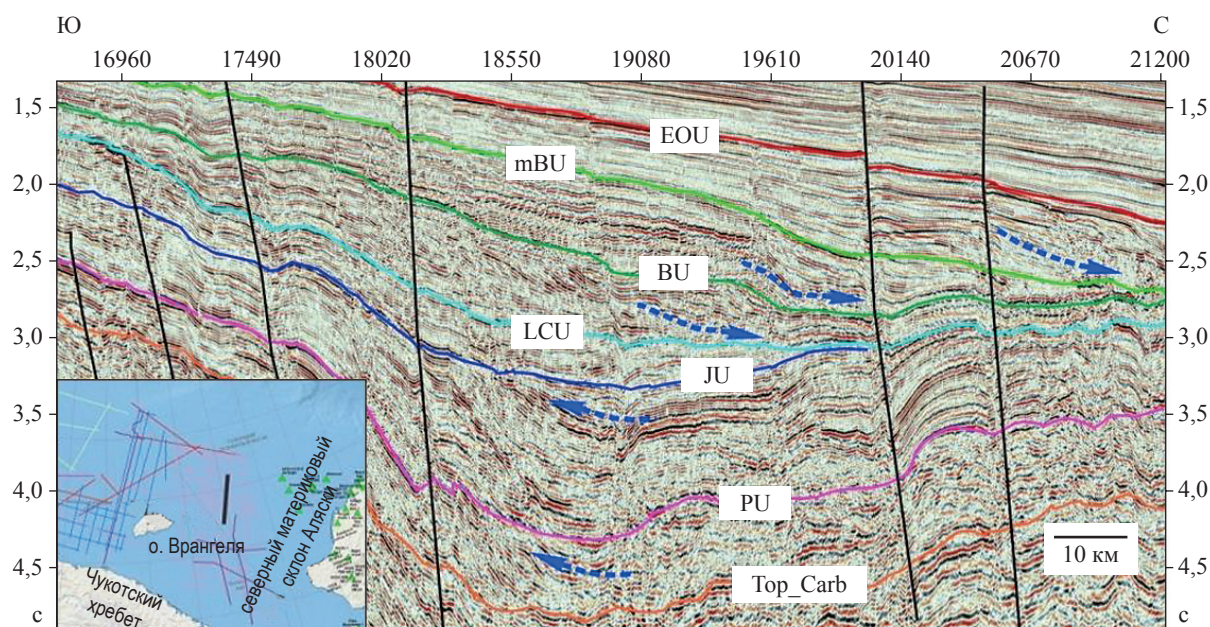


Рис. 2. Несогласия по типу кровельного срезания в палеозойских комплексах и прилегания в меловых комплексах (сейсмопрофиль X по материалам ОАО «Дальморнефтегеофизика», 2009 г.) с отражающими сейсмическими горизонтами: Top_Carb – в кровле карбонатного комплекса; PU – среднепермское; JU – юрско-меловое; LCU – апт-альбское; BU – ранне-позднемеловое; mBU – в подошве палеоцена; EOU – эоцен-олигоценное

Арктики был более расчлененным, территория современной суши – относительно приподнята. Активное осадконакопление происходило лишь во впадинах, связанных с продолжением и новой активизацией процессов вдоль Срединно-Арктического хребта [15, 16].

В разрезе кайнозойского комплекса выделяются региональные реперы, связанные

со структурными перестройками всего региона. Они прослеживаются на окраинах баренцево-морского шельфа, в бассейнах моря Лаптевых, в Чукотском море, а стратиграфически по скважинам привязаны лишь в западном норвежском секторе Баренцева моря и на Аляске. Эти реперы фиксируют завершение стадии рифтогенеза в конце олигоцена, миоценовый пострифтовый

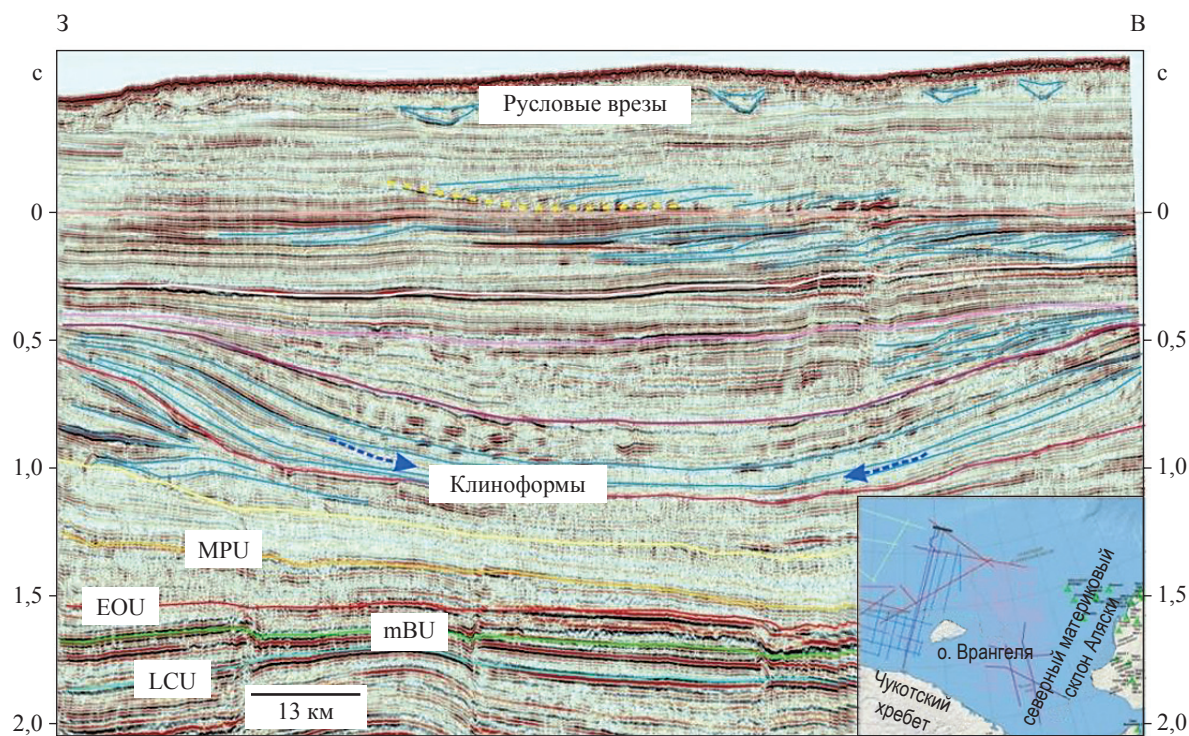


Рис. 3. Слияние олигоцен-миоценовых клиноформенных комплексов на границе Северо-Чукотского и Южно-Чукотского прогибов (сейсмопрофиль У по материалам ОАО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция», 2007 г.)

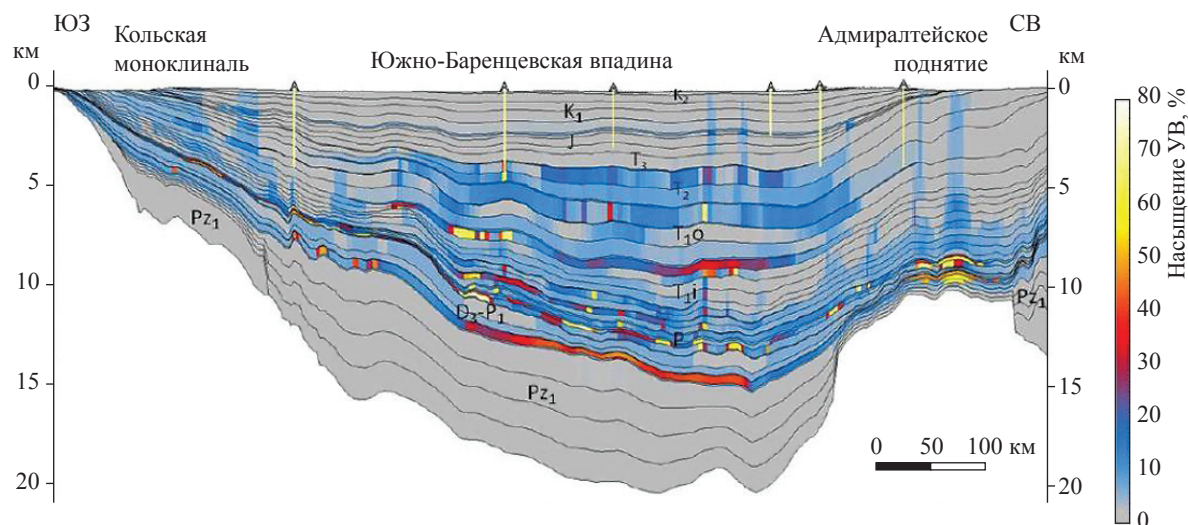


Рис. 4. Углеводородное (УВ) насыщение осадочных толщ Южно-Баренцевской впадины [17]

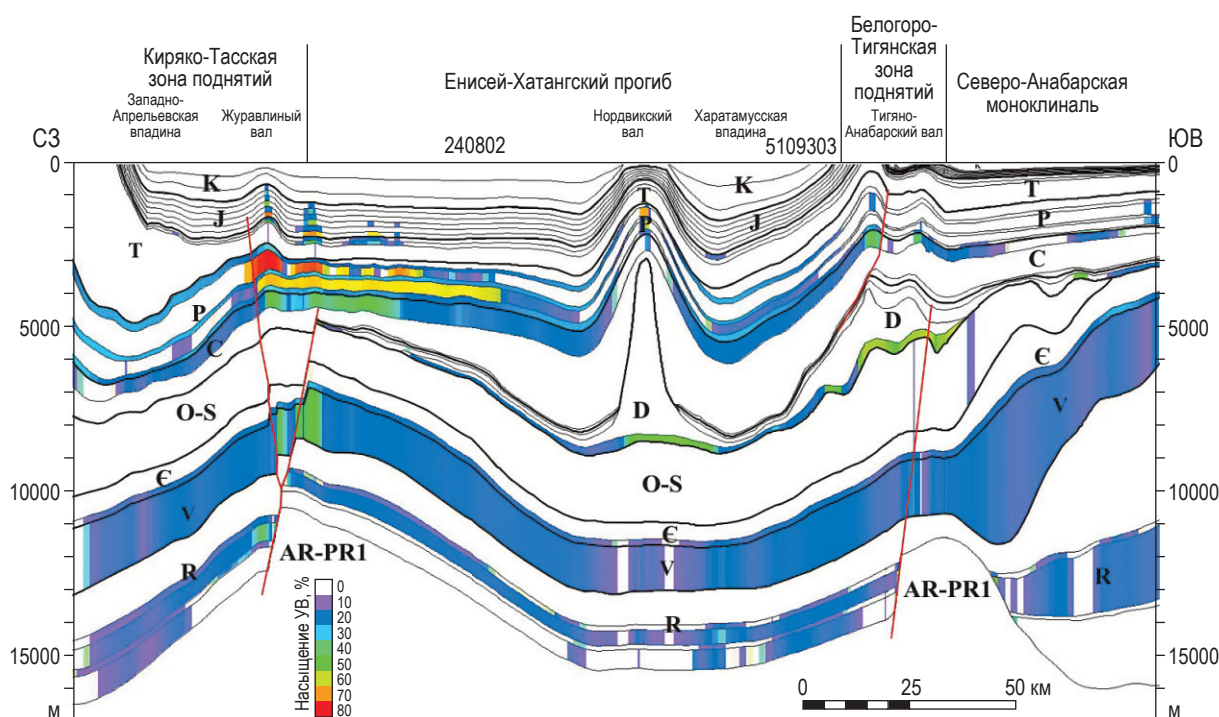


Рис. 5. УВ насыщение осадочных толщ Енисей-Хатангского прогиба

комплекс и инверсию в конце миоцена – в плиоцене. В это время сформировалась современная структура восточной части Российской Арктики, когда горстовые инверсионно-надвиговые поднятия Врангелевско-Геральдской и Центрально-Восточно-Сибирской складчатой зоны, а также обрамляющие их субширотные впадины Восточно-Сибирского и Чукотского морей (Новосибирский прогиб, Северо-Чукотская и Южно-Чукотская впадины) были разбиты в позднем мелу – палеогене субмеридиональными грабенами за счет формирования арктической зоны рифтогенеза. В результате образовались более мелкие кайнозойские структуры, грабены и горсты, которые наложены на более древние субширотные линейменты. Наиболее четко картируемые кайнозойские структуры на шельфе Восточно-Сибирского моря – Денбарский, Амбарчинский, Пегтымельский прогибы и Дремхедский грабен. На шельфе Чукотского моря к кайнозойским структурам субмеридионального простирания можно отнести Чукотский желоб. По мере отдаления от оси спрединга по линии хребта Гаккеля – моря Лаптевых интенсивность проявления кайнозойских грабенов и горстов субмеридионального простирания уменьшается.

Перспективы нефтегазоносности

Перспективы нефтегазоносности бассейнов разного возраста связаны с поиском ловушек разного типа. В палеозойских бассейнах поиск следует сосредотачивать на бортовых структурах, стратиграфически и тектонически ограниченных ловушках, связанных со стратиграфическими несогласиями и выходом древних пород под поверхность размыва. В мезозойских бассейнах ловушки часто связаны с толщами заполнения бассейнов терригенными отложениями, где широкое распространение имеют литологические ловушки в зонах примыкания мезозойских пород к более древним отложениям. В мезозойских бассейнах западного сектора и в кайнозойских бассейнах восточного сектора Российской Арктики поиск углеводородов ведется на крупных антиклинальных поднятиях. Кроме того, продуктивные ловушки могут быть связаны с меловыми и кайнозойскими клиноформенными комплексами. Клиноформенные комплексы восточного сектора датируются апт-альбским возрастом как аналог таких же проградационных комплексов в Западной Сибири и на северном материковом склоне Аляски (рис. 2, см. с. 161). Кроме того, выделяется более молодой палеоген-неогеновый клиноформенный комплекс, с которым связывают перспективы

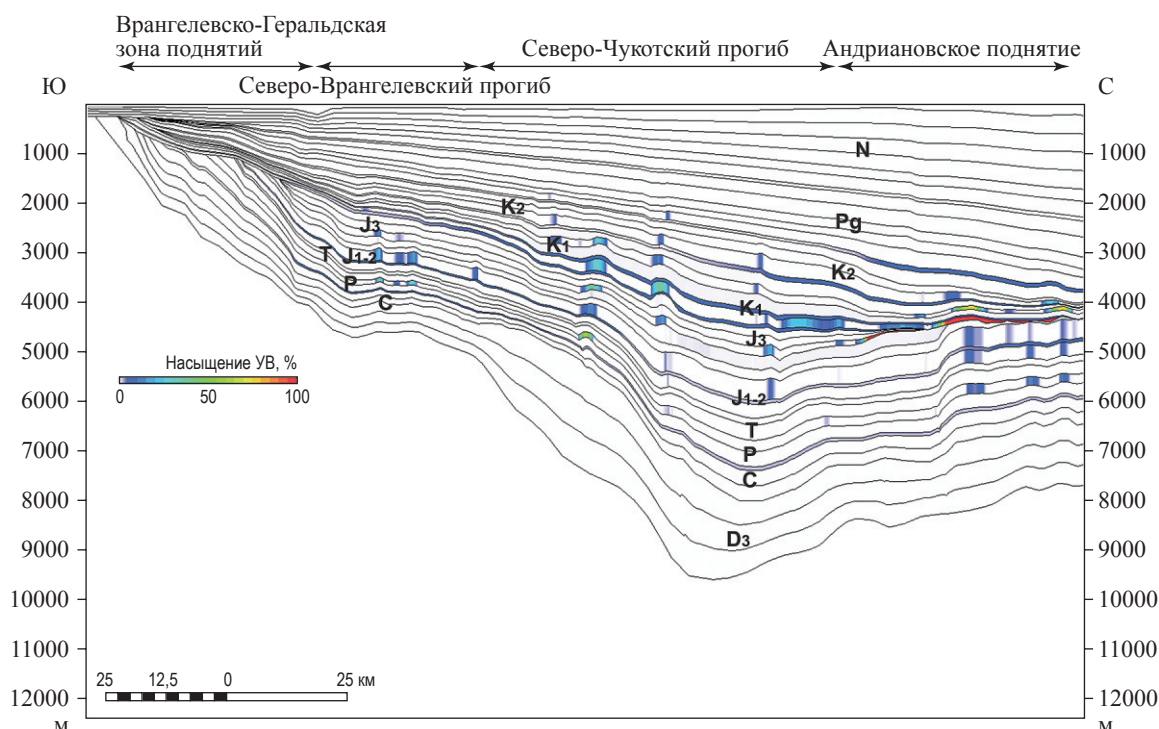


Рис. 7. УВ насыщение осадочных толщ Северо-Чукотского бассейна

развития ловушек литологического выклинивания (рис. 3, см. с. 162).

Наиболее продуктивными являются триасовые и меловые толщ для восточного сектора и верхнеюрские черные глины для западного сектора Российской Арктики (рис. 4–7). Вместе с тем аналоги этих толщ прослеживаются в пределах всех бассейнов Арктики. Этапы складчатости,

сопровожаемые региональным подъемом и перестройкой осадочного бассейна на границе юры и мела, а также в позднем мелу либо способствовали открытию путей миграции из нижележащих палеозойско-мезозойских толщ в кайнозойские ловушки, либо привели к разрушению ранее существовавших залежей.

Список литературы

- Бурлин Ю.К. Геологические предпосылки перспектив нефтегазоносности шельфа российского сектора Северного Ледовитого океана / Ю.К. Бурлин, А.В. Ступакова // Геология нефти и газа. – 2008. – № 4. – С. 13–23.
- Ступакова А.В. Нефтегазоносные бассейны Российской Арктики / А.В. Ступакова, С.И. Бордунов, Р.С. Сауткин и др. // Геология нефти и газа. – 2013. – № 3. – С. 30–47.
- International Journal of Earth Sciences. – № 97. – Р. 519–547. – DOI 10.1007/s00531-007-0182-2.
- Mull C.G. Revised cretaceous and tertiary stratigraphic nomenclature in the Colville basin, Northern Alaska / C.G. Mull, D.W. Houseknecht, K.J. Bird // U.S. Geological Survey Professional Paper. – 2003. – № 1673.
- Arctic petroleum geology / A.M. Spencer, A.F. Embry, D.L. Gautier et al. (eds.) // The Geological Society of London: memoirs. – London, 2011. – № 35. – P. 1–15. – DOI: 10.1144/M35.1
- Выполнить нефтегеологическое районирование континентального шельфа Восточно-Арктических морей Российской Федерации, сравнительный анализ нефтегазоносности недр указанных акваторий с целью выделения высокоперспективных зон нефтегазоаккумуляции и обоснования выбора объектов геолого-геофизических работ на ближайшую и среднесрочную перспективу. Кн. 1: Отчет по объекту № 97 / Супруненко и др.; гос. контракт № ПС-02-06/1712 от 30 сентября 2003 г. – СПб.: ВНИИОкеангеологии, 2005. – 262 с.

7. Ким Б.И. Структура, нефтегазовый потенциал и нефтегеологическое районирование восточно-арктического шельфа России / Б.И. Ким, Н.К. Евдокимова, Л.Я. Харитонова // Геология нефти и газа. – 2016. – № 1. – С. 2–15.
8. Глаголев П.Л. Геология и нефтегазоносность Енисей-Хатангского прогиба / П.Л. Глаголев, В.Ф. Мазанов, М.П. Михайлова. – М.: ИГИРГИ, 1994. – 118 с.
9. Данукалова М.К. Кембрий острова Беннетта (Новосибирские острова) / М.К. Данукалова, А.Б. Кузьмичев, И.В. Коровников // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2014. – Т. 22. – № 4. – С. 3–28.
10. Преображенская Э.Н. Вещественный состав и условия формирования триасовых отложений архипелага Земля Франца Иосифа (по материалам параметрического бурения) / Э.Н. Преображенская, И.В. Школа, Д.В. Сергеев и др. // Труды ВНИИОкеангеологии, НИИГА Севморгео. – СПб., 1997.
11. Прокопьев А.В. Раннекаменноугольная палеогеография северной части Верхоянской пассивной окраины по данным U-Pb датирования обломочных цирконов: роль продуктов размыва Центрально-Азиатского и Таймыро-Североземельского складчатых поясов / А.В. Прокопьев, В.Б. Ершова, Э.Л. Миллер и др. // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 10. – С. 1530–1542.
12. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Л. R-1, 2: остров Врангеля: объяснительная записка / ВСЕГЕИ. – 1:1000000. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. – 144 с., 12 вкл. – (Чукотская серия).
13. Lorenz H. Geology of the Severnaya Zemlya Archipelago and the North Kara Terrane in the Russian high Arctic / H. Lorenz, P. Mannik, D. Gee et al. – 2008.
14. Забияка А. Геологическое строение и тектоническое развитие Северо-Восточного Таймыра / А. Забияка и др.; под ред. Б. Чикова. – Новосибирск: Наука, 1986. – 144 с.
15. Grantz A. Regional geology and petroleum potential of United States Beaufort and Northeasternmost Chukchi seas / A. Grantz, S.D. May // Geology and resource potential of the continental margin of Western North America and adjacent ocean basins – Beaufort Sea to Baja California / D.W. Scholl, A. Grantz (ed.). – Menlo Park, California: USA Geol. Survey, 1987. – P. 17–36.
16. Grantz A. Regional geology and petroleum potential of the United States Chukchi shelves north of Point Hope / A. Grantz, S.D. May // Geology and resource potential of the continental margin of Western North America and adjacent ocean basins – Beaufort Sea to Baja California / D.W. Scholl, A. Grantz (ed.). – Menlo Park, California: USA Geol. Survey, 1987. – P. 37–58.
17. Норина Д.А. Условия осадконакопления и нефтегазоматеринский потенциал триасовых отложений Баренцевоморского бассейна / Д.А. Норина, А.В. Ступакова, Т.А. Кирюхина // Вестник Московского университета. Сер. 4: Геология. – 2014. – № 1. – С. 6–16.
18. Ульянов Г.В. Катагенетическая зональность разреза юрско-меловых отложений Южно-Карской впадины по результатам бассейнового моделирования / Г.В. Ульянов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2011. – № 2. – С. 54–59.