



УДК 553.98

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ

И.Д.Полякова (Геологический институт РАН), **Г.Ч.Борукаев**, **Св.А.Сидоренко** (Институт проблем нефти и газа РАН)

Проанализированы геофизические и геохимические показатели потенциальной нефтегазоносности апт-кайнозойских бассейнов Восточно-Сибирского моря. Для осадочного заполнения бассейнов, расположенных на периферии поднятия Де-Лонга и на впадине Лонга, реконструированы типы и термическая зрелость ОВ, свидетельствующие об активности нефтегазообразования. В породах акустического фундамента генерационный потенциал ОВ в значительной степени реализован, в местах со слабо деформированными осадочными комплексами продукты генерации могли частично сохраниться в виде газовых и битумных скоплений. На современном этапе акустический фундамент является второстепенным источником УВ, поступающим по трещинам разломных зон в осадочный чехол Восточно-Сибирского моря.

Ключевые слова: нефтегазоносность; типы, термическая зрелость ОВ; осадочный комплекс; фазовая зональность.

В недрах Восточно-Арктического шельфа сосредоточен значительный топливно-энергетический резерв России. Изучение этой части шельфа геофизическими методами проводилось с 1952 г. многими организациями, в том числе НПО «Севморгео», ПГО «Севморгеология», ОАО «МАГЭ», ОАО «СМНГ», ЛАРГЕ и др. В 1990 г. на новом качественном уровне была выполнена сейсмическая съемка ОАО «Дальморнефтегеофизикой» (ДМНГ) совместно с «Halliburton Geophysical Services». В результате были оценены мощности осадочного чехла, стратифицированы его комплексы, выявлен сложный рельеф поверхности фундамента. После 20-летнего перерыва в Восточно-Сибирском и Чукотском морях возобновились комплексные геофизические исследования (МОВ ОГТ 106*, грави-, магниторазведка). Новые обработанные профили, существенно увеличившие плотность сети наблюдений, внесли важные уточнения в геологическое строение региона. Однако на шельфе до сих пор не пробурена ни одна параметрическая скважина и непосредственное изучение его отложений ограничилось газогеохимическими анализами донных осадков в нескольких районах.

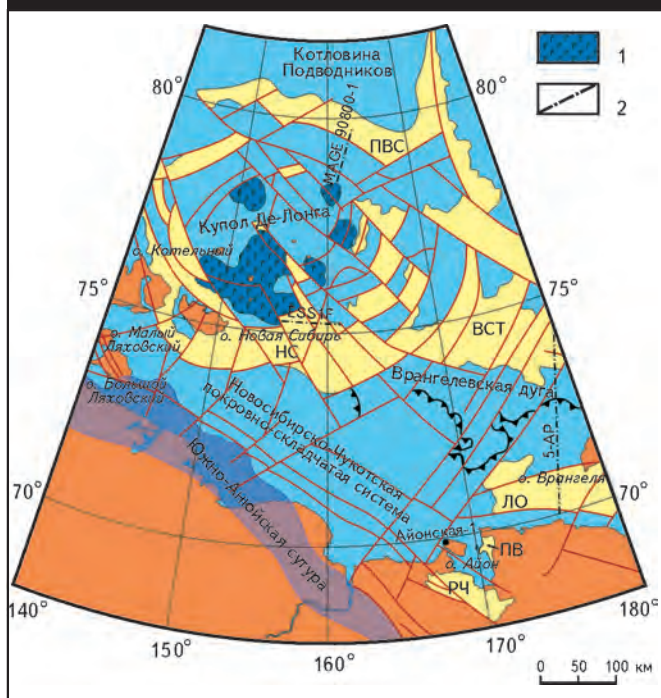
При отсутствии бурения определить роль осадочных комплексов чехла и акустического фундамента в процессах нефтегазообразования акватории весьма затруднительно. Рассмотрение данного вопроса требует привлечения материалов по геологическому строению и нефтегазоносности соседнего материкового и островного обрамления шельфа, где на дневную поверхность выходят неравномерно дислоцированные породы палеозоя и мезозоя. На юге это прилегающая часть суши Якутии и Чукотки, на западе — Новосибирские острова, на северо-востоке — о-в Врангеля.

Основные тектонические элементы шельфа

На тектонической карте Восточной Арктики, составленной под редакцией В.Е.Хаина [1, 2], большую часть фундамента шельфа Восточно-Сибирского моря занимает Новосибирско-Чукотская покровно-складчатая система поздних киммерид, ограниченная с юго-запада Южно-Аньюнской коллизионной сутурой (рис. 1). Эти крупные тектонические элементы продолжают на сопредельную сушу. Форланд покровно-складчатой системы вскрывается на островах Новосибирского архипелага, в обнажениях которого участвуют дислоцированные породы палеозой-неокомского возраста.

В северо-западной части шельфа Восточно-Сибирского моря расположено поднятие Де-Лонга, которое трактуется Н.И.Филатовой как магматический купол [3]. В такой интерпретации оно представлено на карте (2011). Структуру купола формируют грабены и горсты, разделенные концентрическими дугвыми и радиальными разломами. Периферические дугвые разломы прослежены также в пределах островов Котельный и Большой Ляховский. В ядре купола, охватывающего острова Жохова, Вилькицкого, Генриетты и Жаннетты, развиты кайнозойские базальтоиды внутриплитного типа. С севера к ним примыкают возникшие в середине мела базальтоиды о-ва Бенетта. На западной, южной и юго-восточной перифериях купола расположены образованные грабен-рифтами относительно небольшие по площади Новосибирский и Восточный осадочные бассейны. Формирование купола и связанных с ним бассейнов началось с середины мела и продолжалось до плейстоцена включительно. Существуют и другие точки зрения по поводу времени их зарождения. С севера

Рис. 1. ОСНОВНЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ ШЕЛЬФА ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ



1 – базальты, 2 – сейсмопрофили; бассейны: НС – Новосибирский, ВСТ – Восточный, ПВС – Предвосточносибирский, ЛО – Лонгский, РЧ – Раучуанский, ПВ – Певекский

поднятия Де-Лонга оконтуривает континентальный склон, к которому приурочен Предвосточносибирский бассейн.

На юго-востоке шельфа Восточно-Сибирского моря находится впадина Лонга, входящая в состав Южно-Чукотского осадочного бассейна, большая часть кото-

рого находится в Чукотском море. Эта впадина по строению и характеристике мезозойских комплексов, образующих ее акустический фундамент, вероятно, близка наложенным впадинам чукотской суши.

Потенциальная нефтегазоносность шельфа Восточно-Сибирского моря связывается с перечисленными осадочными бассейнами.

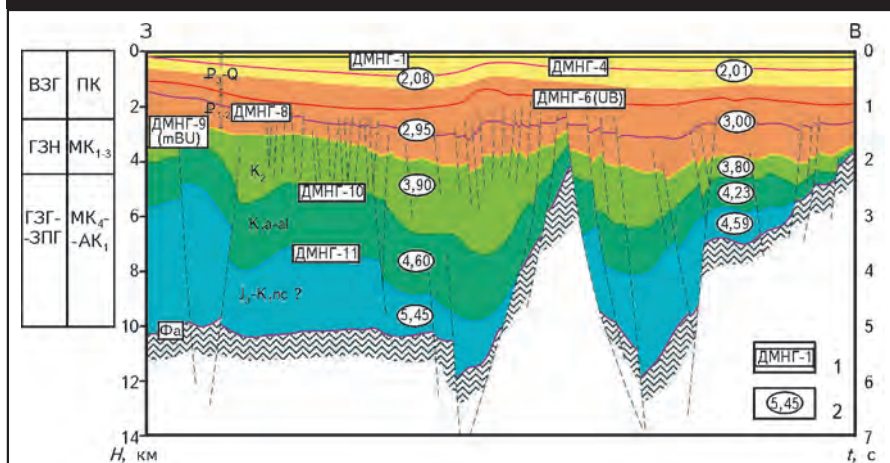
Строение осадочных бассейнов

На временном разрезе по профилю «ДМНГ», пересекающем с запада на восток поднятие Де-Лонга, отражена грабен-рифтовая структура **Новосибирского бассейна**, в котором отчетливо прослеживается литолого-стратиграфическая последовательность из пяти сейсмокомплексов (рис. 2). Поскольку в восточно-арктических морях не было пробурено ни одной скважины, датировка комплексов неоднозначна. В кайнозой выделяются олигоцен-четвертичный и палеоцен-эоценовый комплексы, общая максимальная мощность которых в депозитрах составляет 4,0–4,5 км. Верхнемеловой и апт-альбский комплексы имеют мощность до 5,5 км. Под апт-альбским комплексом на фоне нечеткой сейсмозаписи прослеживаются локальные горизонтальные отражения, которые относятся к самостоятельному комплексу. Он может рассматриваться как более древний, не переработанный позднемезозойскими дислокациями, осадочный чехол. Н.А.Петровская и М.А.Савишкина [4] датируют его аптом, но возможен и более древний возраст этих отложений (верхнеюрско-неокомовый?).

В раннем мелу Новосибирский бассейн представлял собой “двурогий”, разделенный внутренним поднятием, рифт. Заполнявшие его комплексы нарушены сбросами. Верхнемеловой и палеоцен-эоценовый комплексы дополнительно осложнены многочисленными вертикальными разломами. Их возникновение, вероятно, вызвано повторной тектонической активизацией магматического купола в эоцене, приведшей к образованию кайнозойских базальтоидов. Оligоцен-четвертичный комплекс слагает горизонтально залегающий непрерывный чехол.

Структура **Восточного бассейна**, расположенного на южной и юго-восточной перифериях купола Де-Лонга, отражена в северной части сейсмического профиля ЛАРГЕ-8900. В интерпретации С.С.Драчева с коллегами [5] составляющая бассейн

Рис. 2. СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ НОВОСИБИРСКОГО БАССЕЙНА ПО ФРАГМЕНТУ ПРОФИЛЯ ДМНГ ESS11F ([4] с изменениями)



1 – индексы отражающих горизонтов; 2 – пластовая сейсмическая скорость, км/с; слева – прогнозная шкала катагенеза и зональность нефтегазообразования

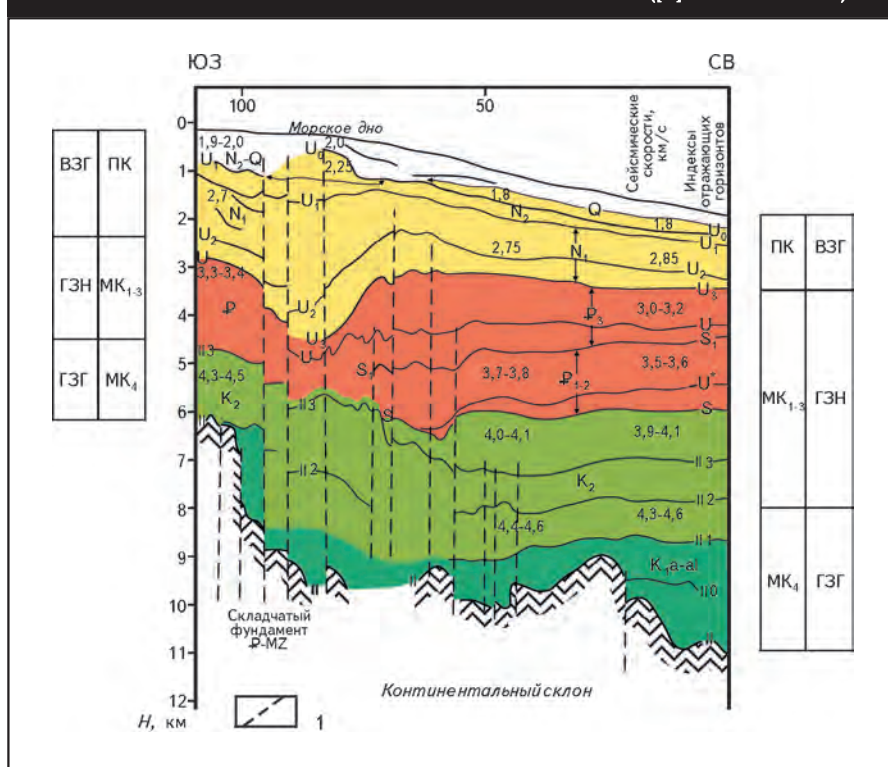
последовательность сейсмокомплексов близка рассмотренной в Новосибирском бассейне. Нижние комплексы, нарушенные сбросами предположительно мелового возраста, являются синрифтовыми. С конца мела и до начала олигоцена бассейн представлял собой более широкую, по сравнению с Новосибирским бассейном, впадину, местами не компенсированную осадками. Самый молодой комплекс образует непрерывный чехол, несогласно перекрывающий все нижезалегающие комплексы.

Осадки, заполнявшие Новосибирский и Восточный бассейны, поступали со стороны купола Де-Лонга, а также поднятий, существовавших на месте островов Котельный и Ляховских. Область материковой суши служила дополнительным источником сноса. Меловые отложения накапливались преимущественно в морских условиях, кайнозойские – континентальных, прибрежных и морских, существовавших на побережье и в приморских впадинах островов Новосибирского архипелага [4]. Молодые осадки горизонтально залегающего чехла образовались в процессе общего опускания бассейнов при преобладании морских условий.

Предвосточносибирский бассейн включает аккумулятивную равнину внешнего шельфа с континентальным склоном вдоль поднятия Де-Лонга [6, 7]. Зона подножия склона частично продолжается во впадину Подводников (рис. 3, см. рис.1). Осадки, накопившиеся на континентальном склоне и в его подножии, активно сносились с шельфа при неоднократном понижении уровня океана, особенно значительном во время позднекайнозойского оледенения. В зависимости от высоты уровня моря дельты и авандельты северных палеорек мигрировали между сушей и континентальным склоном, что приводило к усилению проградационных процессов. На склоне образовывались конседиментационные разломы, с которыми связана ступенчатая структура. В зоне подножия склона мощность осадков составляет 10 км, а в депозцентрах – 14-18 км [7-9].

В Предвосточносибирском бассейне на складчатом фундаменте, образованном докембрийско-мезозойскими породами, залегают осадочные толщи мел-кайнозойского возраста. В осадочном чехле выделяются апт-альбский и верхнемеловой сейсмокомплексы, сложенные морскими песчано-глинистыми турбидитами с прослоями вулканических пород. Кайнозойские комп-

Рис. 3. СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ПРЕДВОСТОЧНОСИБИРСКОГО БАССЕЙНА ПО ФРАГМЕНТУ ПРОФИЛЯ MAGE 90800-1 ([8] с изменениями)

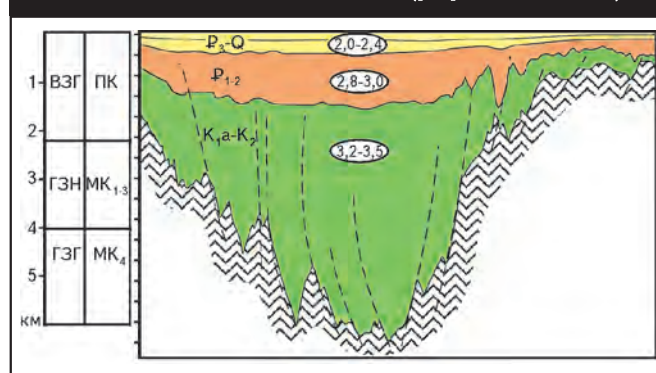


1 – разломы; остальные усл. обозначения см. на рис. 2

лексы тоже представлены морскими турбидитами, но без вулканических образований (см. рис. 3).

Впадина Лонга, продолжающаяся на запад Южно-Чукотский бассейна, близка по строению к его Северо- и Южно-Шмидтовским впадинам. На сейсмопрофиле “Севморгео” S-AP, по данным отраженных и преломленных волн, В.В.Половков [10] проследил отчетливую нижнюю границу впадины Лонга и структуру верхней части поднятия Врангеля (рис. 4). Во впадине выделяются три сейсмокомплекса: апт-верхнемеловой, палеоцен-

Рис. 4. СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗРЕЗ ВПАДИНЫ ЛОНГА ПО ФРАГМЕНТУ ПРОФИЛЯ 5-AP ([10] с изменениями)



Усл. обозначения см. на рис. 2, 3

эоценовый и олигоцен-плейстоценовый. Нижний синрифтовый комплекс нарушен разломами и несет признаки дислокаций, средний и верхний — характеризуются спокойным горизонтальным залеганием. Впадина наложена на позднекиммерийскую структуру и заполнена отложениями апт-кайнозойского возраста мощностью до 4-5 км. Мезозойские отложения грабенов, полуграбенов, мульд и горстов нарушены тектоническими деформациями и образуют складчатый фундамент.

Потенциальная нефтегазоносность

О потенциальной нефтегазоносности Восточно-Сибирского моря свидетельствуют геофизические и геохимические данные. Сейсмические профили с пластовыми скоростями позволили реконструировать особенности строения осадочных бассейнов, составить по методу Д.В.Лазуркина [11] обобщенные шкалы катагенеза ОВ и показать местоположение в разрезе зон нефтегазообразования. Результаты геохимического изучения ОВ отложений сопредельных суши и островов позволили прогнозировать в бассейнах концентрации и типы ОВ, уровни его зрелости и уточнить фазовый состав УВ. В качестве важных признаков нефтегазоносности использовались выявленные в донных отложениях газогеохимические аномалии, отражающие разнообразие УВ-источников.

Осадочный чехол. Состав и строение апт-кайнозойского осадочного заполнения наиболее достоверно прогнозируются для Лонгской впадины по данным скв. Айонская-1, пробуренной в 1980 г. на о-ве Айон [12]. Скважина вскрыла разрез всех стратиграфических ярусов кайнозоя (671 м), сложенных песками, алевритами, глинами и углеродистыми отложениями с пластами (0,5-3,0 м) и слойками (1-5 мм) сапропелитов и бурых углей. Кайнозойские отложения залегают на коре выветривания и дезинтегрированных породах мезозоя, мощность четвертичных отложений составляет около 150 м.

В сапропелитах и глинистых отложениях, накопившихся на границе палеоцена и эоцена и в конце раннего олигоцена, содержится морская микрофауна: фораминиферы и диатомовые. Очевидно, в обозначенные моменты геологической истории Арктики морские трансгрессии распространялись и на площадь современного о-ва Айон. Бурые угли с остатками высшей наземной растительности (лигниты) образовались в конце раннего и среднем миоцене в условиях заболоченной озерно-аллювиальной равнины. Сапропелиты и бурые угли скв. Айонская из интервала глубин 224,5-652,5 м изучались углехимическими методами, из которых следует, что значения главных характеристик (содержание углерода $C^r = 41-65 \%$, водорода $H^r = 4,7-6,3 \%$ и выход летучих веществ $V^r = 58-60 \%$) соответствуют стадии

начального протокатагенеза (ПК₁₋₂). Это подтверждается замерами отражательной способности витринита в воздушной среде ($R_a = 0,22-4,31 \%$). Важно отметить, что в сапропелитах концентрации водорода весьма повышены и составляют 6,3 %.

Сапропелиты и содержащие сапропелевое вещество глинистые и алевритоглинистые толщи могли накопиться во время кайнозойских трансгрессий и в Лонгской впадине. В депоцентре впадины они предположительно образовывали качественные нефте- и нефтегазоматеринские толщи с ОВ II и II/III типов. Возникшие в заболоченных поймах рек и болотах угленосные и субугленосные отложения среднего миоцена с ОВ III типа представляют собой газоматеринские толщи. Согласно методу Д.В.Лазуркина [11], находящиеся на глубине до 2 км и характеризующиеся малыми пластовыми сейсмическими скоростями (2-3 км/с) эти толщи содержат ОВ, преобразованное на уровне протокатагенеза (ПК) и попадают в верхнюю зону газообразования (см. рис. 4). Сочетание в разрезе УВ-источников с песчаными коллекторами и глинистыми покрывками создавали предпосылки для формирования кайнозойских газовых и газоконденсатных систем. Широко распространенную в Восточной Арктике глинистую толщу плиоцена мощностью 20-30 м можно рассматривать как региональную покрывку в Лонгской впадине.

Апт-верхнемеловые отложения впадины, составляющие остальную часть разреза чехла, представлены переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов. В нижней апт-альбской части, образующей в наложенных впадинах чукотской суши угленосную молассу, могут появиться прослои угля и углистых пород. По значению пластовых сейсмических скоростей (3,2-3,5 км/с) ОВ меловых отложений мощностью предположительно до 4 км соответствует градациям МК₁-МК₃, в которых может функционировать главная зона нефтеобразования. Ниже расположена глубинная зона газообразования.

Для бассейнов, находящихся в северо-западной части Восточно-Сибирского моря, предполагаются свои особенности, связанные с историей развития магматического купола Де-Лонга. Возникшие при его формировании в середине мела и эоцене вулканические извержения, вероятно, обусловили поступление в фотический слой древних морей необходимых для питания планктона веществ. Вследствие этого его биопродуктивность и массы фоссилizировавшегося ОВ возрастали. Авторы статьи не исключают присутствия в меловых и эоценовых толщах бассейнов, окружающих купол Де-Лонга, нефтематеринских горизонтов хорошего качества. Для эоцена это подтверждается находками сапропелитов, сделанными А.Б.Кузьмичевым и М.К.Данукаловой в обнажениях о-ва Бельковский, а также обнаружением углеродисто-кремнисто-глинистых горизонтов с повышенным содержанием сапропелевого ОВ в дру-

гих районах Арктики. Их образование связывается с глобальным аноксическим событием позднего эоцена — раннего олигоцена [13].

В обнажениях мел-кайнозойских отложений Новосибирского архипелага встречаются угли. На о-ве Котельный установлено пять пластов каменного угля мелового возраста мощностью до 1,8 м; островах Новая Сибирь и Фадеевский — до 20 пластов верхнемел-палеогенового возраста мощностью до 7–9 м. Бурые угли неогенового возраста распространены на островах Котельный, Фадеевский и Большой Ляховский. При проведении картировочного бурения на этих островах, а также в проливах Санникова и Дм.Лаптева зафиксированы выходы УВ-газов в которых, кроме метана с концентрацией 75–95 % присутствуют его тяжелые гомологи (этан, пропан, бутан) [14]. Вероятно, к склонам и горстовым поднятиям осадочных бассейнов также могут быть приурочены метаноресурсные пласты угля мел-кайнозойского возраста.

В осадочном заполнении бассейнов наряду с предполагаемыми пластами сапропелитов и углей распространены пачки глин и аргиллитов со смешанным ОВ II/III типа, содержания которого обычно составляют около 1 %. Эти отложения являются нефтегазоматеринскими среднего качества.

Судя по пластовым сейсмическим скоростям, стадии катагенеза в шельфовых и шельфово-склоновых бассейнах существенно различаются. В шельфовых Новосибирском и Восточном бассейнах, расположенных на западной, южной и юго-восточной перифериях поднятия Де-Лонга, мощность апт-кайнозойских отложений изменяется в депоцентрах от 6 до 10 км, на склонах она резко сокращается (см. рис. 2). В Новосибирском бассейне пластовые сейсмические скорости 2–3 км/с свойственны кайнозойским отложениям, их ОВ слабо преобразовано и соответствуют градации ПК и ВЗГ с нижней границей на глубине 2,5 км. Пластовые скорости 3–4 км/с соответствуют преобразованности ОВ в диапазоне МК₁–МК₃, в котором должна находиться главная зона нефтеобразования с нижней границей 4,5 км. В интервале глубин возможного распространения этой зоны присутствуют верхнемеловой и значительная часть палеоцен-эоценового сейсмокомплексов. На склонах бассейна и его внутренних поднятий мощности отложений сокращаются, и в главной зоне нефтеобразования находится также апт-альбский комплекс. В нижней части чехла с апт-альбским и, возможно, верхнеюрско-неокомовым комплексами в интервале глубин от 4,5 до 10,0 км, где пластовые сейсмические скорости превышают 5,6 км/с и уровень зрелости ОВ отвечает заключительным градациям мезокатагенеза и началу апокатагенеза, могут действовать зоны глубинного (ГЗГ) и постумного (ЗПГ) газообразования. Очевидно, в истории формирования Новосибирского бассейна окна

нефте- и газообразования «открывались» неоднократно. Поступавшие в бассейн УВ проникали в верхние горизонты чехла, дополнительно насыщая более молодые активно функционирующие нефтегазовые системы.

На внешнем шельфе и континентальном склоне Предвосточносибирского бассейна соотношения глубин залегания и пластовых сейсмических скоростей в разновозрастных стратиграфических подразделениях значительно разнятся (см. рис. 3). В шельфовой части бассейна при мощности осадочного чехла до 6 км пластовые скорости варьируют от 2,0 до 4,5 км/с. В пределах континентального склона, особенно его подножия мощность отложений возрастает до 12 км от дна моря, а значения пластовых скоростей сохраняются в диапазоне, близком шельфовому. Это свидетельствует о большой растянутости вертикальной шкалы катагенеза и позволяет прогнозировать распространение нефтегазонасности до глубины 10 км.

В Предвосточносибирский бассейн приносились и разгружались большие объемы обломочного материала, за счет которого формировались сложнослоистые дельтовые и турбидитовые комплексы. В них накапливалось ОВ не только террагенной, но и аквагенной природы. Лавинная седиментация, нередко связанная с проградацией, вероятно, способствовала формированию нефтематеринских, коллекторских и экранирующих толщ, создававших УВ-системы с залежами нефти и газа, в числе которых могут быть крупные и гигантские. Такие условия седиментации свойственны склоновым бассейнам атлантических окраин Африки, Южной и Центральной Америки, а также других районов континентальных окраин Мирового океана, в которых нефтеносность приурочена к большим глубинам [8, 15, 16].

Акустический фундамент. При отсутствии бурения выяснить влияние деформированных комплексов акустического фундамента на нефтегазонасность шельфа еще более затруднительно. Эту задачу авторы статьи решали опосредованно, используя результаты геохимических исследований ОВ палеозойских и мезозойских отложений Новосибирско-Чукотской покровно-складчатой системы, которая служит основанием рассматриваемых осадочных бассейнов Восточно-Сибирского моря. Объектами изучения стали дислоцированные породные комплексы, обнажающиеся на о-ве Врангеля, чукотской суше и архипелаге Новосибирских островов. Палеозойский разрез рассматриваемых объектов (до карбона включительно) слагают карбонатные, терригенно-карбонатные и терригенные отложения, в разрезе пермско-мезозойских ассоциаций распространены преимущественно терригенные толщи. Не редки надвиговые контакты, наряду с несогласиями широко развиты перерывы. На о-ве Врангеля породы по степени преобразованности соответствуют низкотемпературной субфации зеленосланцевой фации, на Новосибир-

ских островах признаки регионального метаморфизма отсутствуют [17, 18]. Изменения мезозойских отложений чукотской суши отвечают стадии метагенеза.

В палеозой-мезозойских породах уровень термической зрелости ОВ соответствует апокатагенным градациям и его генерационный потенциал в значительной степени исчерпан, а водородный индекс очень мал. Черные и темно-серые аргиллиты верхнего девона — нижнего карбона, верхней перми, верхнего триаса и верхней юры — неокома, характеризующиеся повышенными концентрациями $C_{орг}$, выделены в качестве нефтегазопроизводивших отложений. В настоящее время им свойственны очень низкие содержания хлороформенного битумоида, исчисляющиеся тысячными и десяти-тысячными долями процента.

В обогащенных ОВ тончайших прослоях глинистых сланцев и аргиллитов (1-3 мм) присутствуют включения битумов — асфальтитов, керитов и антраксолитов. В некоторых образцах песчаников и органогенных известняков, бывших в геологическом прошлом коллекторами, относительно повышены битуминозность и водородный индекс ОВ. Намного реже такая же особенность ОВ фиксируется в аргиллитах. Она обусловлена присутствием в породах битумов, в составе которых сохранились смолисто-асфальтеновые компоненты и высокомолекулярные УВ, в гомологических рядах которых преобладают термически стойкие структуры. Наблюдающиеся отклонения на фоне общего тренда низких значений УВ-показателей, вероятно, связаны с неравномерностью воздействия на ОВ динамодкатагенеза, который носит мозаичный характер, вследствие чего в дислоцированных толщах могут присутствовать небольшие участки с не полностью утраченным генерационным потенциалом.

Генетический тип ОВ ввиду его интенсивной деструкции однозначно определить не удалось. Однако некоторые геохимические показатели (распределение нормальных алканов и стеранов, наличие или отсутствие сернистых и полиароматических УВ, изотопный состав углерода УВ-фракций) позволили прогнозировать тип ОВ и условия его накопления. Нефтегазопроизводившие толщи палеозоя — триаса, вероятно, содержали преимущественно планктоногенное ОВ II, II/III типов, оно накапливалось в условиях восстановительной среды. ОВ аргиллитов верхней юры — мела имело смешанный состав и относилось к II/III типу. Оно образовалось в морском бассейне наложенных впадин, на склонах которых происходили активные эрозионные процессы.

На островах Новосибирского архипелага вероятность потенциальной нефтегазоносности прослежена в разрезах картировочных скважин и обнажений от ордовика до неокома [19-21]. Наиболее значительные признаки нефтегазоносности выявлены в отложениях девона, карбона, перми и триаса. Например, на о-ве Ко-

тельный глинистые сланцы среднего девона содержат $C_{орг}$ до 7,3 %, верхнего девона — до 2,76 %, по составу ОВ относится к II и II/III типам, катагенез соответствует градациям среднего — позднего мезокатагенеза. Эти отложения обладали хорошими и очень хорошими нефтематеринскими свойствами, в настоящее время их генерационный потенциал в значительной степени исчерпан. В тончайших прослоях ниже-среднедевонских и каменноугольных нефтегазоматеринских толщ отмечены признаки асфальтитов, керитов и антраксолитов. Проявления мальт и асфальтов известны в ниже-среднетриасовых аргиллитах [19]. Присутствие ОВ II и II/III типов установлено в аргиллитах триаса и юры, где содержание $C_{орг}$ изменяется от 0,6 до 3,0 %. Следовательно, на Новосибирских островах, где катагенез ОВ палеозой-мезозойских пород соответствует стадиям среднего — позднего мезокатагенеза, УВ-потенциал и УВ-скопления в какой-то степени должны сохраниться. Нефть могли генерировать ниже-среднедевонские и ниже-среднетриасовые нефтегазоматеринские толщи, газ и конденсат — каменноугольные и пермские.

Высказанное предположение подтверждается результатами газогеохимических исследований донных осадков Восточно-Сибирского моря в районах Новосибирских островов и впадины Лонга [22]. Здесь определена повышенная метаноносность, достигающая 1,2-1,3 см³/кг (в осадках хребта Менделеева она не превышает 0,0012 см³/кг). Аномальные газогеохимические поля выявлены в пределах осложненных разломами поднятий с незначительной мощностью осадочного чехла, где происходила интенсивная газовая разгрузка. Основываясь на показателе молекулярной массы УВ-фракции и изотопном составе углерода метана, А.И.Гресов пришел к выводу, что основными источниками миграционных газов в донных осадках шельфа являются углегазоносные формации ($\delta^{13}C = -45,7...-68,0 ‰$), газоконденсатные и нефтегазовые залежи ($\delta^{13}C = -40,2...-53,8 ‰$) не только осадочного чехла, но и акустического фундамента. Максимальные концентрации глубинного гелия (до 0,0032 %) и водорода установлены в районах Айонском, Лонгском, Котельническо-Святоносском и Земли Бунге, характеризующихся повышенной сейсмичностью и периодически возникающими землетрясениями с магнитудой до 6-7 баллов.

Из приведенных материалов следует, что обогащенные ОВ пачки аргиллитов и глинистых известняков палеозой-мезозойского разреза Новосибирско-Чукотской системы, образующей складчатое основание бассейнов, в прошлом обладали хорошими нефтегазоматеринскими свойствами. Продукты их генерации преимущественно рассеялись, но частично они могли сохраниться в слабодетормированных породных комплексах в виде скоплений битумов и газа. На современном этапе акустический фундамент является дополнитель-

ным источником УВ, поступающих по трещинам разломных зон в осадочный чехол бассейнов Восточно-Сибирского моря. Вероятно, влияние этих процессов на нефтегазоносность должно быть наиболее активным в местах неглубокого залегания фундамента на склонах бассейнов и их внутренних поднятиях.

Перспективы нефтегазоносности

По комплексу известных геолого-геофизических и геохимических материалов шельф Восточно-Сибирского моря в мелу и кайнозойе развивался в условиях рифтогенного растяжения с проявлениями магматизма. Это предопределило не только формирование осадочных бассейнов с хорошими предпосылками к нефтегазообразованию, но также создало значительную проницаемость для миграции флюидов по трещинам складчатого фундамента. В палеозой-неокомских породных комплексах на сопредельных островах Новосибирского архипелага выявлены и ныне действующие УВ-источники, которые, вероятно, продолжают на площади Новосибирского и Восточного бассейнов. На склонах и внутренних горстовых поднятиях этих бассейнов перспективными могут оказаться не только зоны выклинивания мел-кайнозойских отложений, но и более древние породы подстилающих грабен-горстовых структур, в которых могли сохраниться залежи тяжелых нефтей и битумов. Во впадине Лонга зоны аккумуляции УВ предполагаются на ее склонах.

Относительно высокий градиент континентального склона Предвосточносибирского бассейна обусловил развитие мел-кайнозойских фэновых систем с хорошо выраженными на космических снимках каналами и каньонами. Периодически возобновляющиеся у крутых ступеней склона каналы заполнены песчаными телами, которые обычно служат нефтегазовыми резервуарами. У подножия континентального склона, где накапливались огромные массы более тонких осадков дистальных турбидитов, возникали очаги интенсивной генерации, поставлявшие УВ в верхнюю часть разреза и зоны, связанные со ступенчатой структурой склона. По аналогии с атлантическими континентальными окраинами Африки и Южной Америки в Предвосточносибирском бассейне предполагается развитие УВ-систем на базе турбидитовых фаций, сочетающих высококачественные нефтегазоматринские толщи и коллекторы. Здесь нефтегазоносность может распространяться на глубины до 10 км от дна моря.

В бассейнах Восточно-Сибирского моря, вероятно, возникали условия для формирования в широком стратиграфическом диапазоне газовых, газоконденсатных и нефтегазовых залежей, предположительно образующих многопластовые месторождения. Кроме антикли-

нальных ловушек, в осадочном чехле могли формироваться также приразломные и литолого-стратиграфические аккумулярующие УВ-формы. Над депоцентрами бассейнов прогнозируются залежи с преимущественной газоносностью, на склонах возможны нефтегазовые, нефтяные и битумные скопления. Наличие в газах донных осадков глубинных гелия и водорода не исключает влияния на процессы нефтегазообразования и ювенильных источников. Вероятностная оценка начальных УВ-ресурсов Восточно-Арктической провинции, объединяющей осадочные бассейны Восточно-Сибирского и западной части Чукотского морей, составляет 6 млрд т нефти и 5 трлн м³ свободного конденсатного газа [23]. Исходя из общегеологических и геохимических соображений, по мнению авторов статьи, эта оценка при освоении недр провинции существенно возрастет.

Изложенные материалы показывают, что при прогнозировании нефтегазоносности на современном этапе изученности Восточно-Сибирского моря приходится пользоваться преимущественно опосредованными данными. В данный момент на поисково-региональном этапе они являются необходимыми и основополагающими для выделения и определения распространенности нефтегазовых систем, установления фазовой зональности УВ и проведения оценки начальных извлекаемых ресурсов нефти и газа.

Литература

1. Хаин В.Е. Тектоника и нефтегазоносность Восточной Арктики / В.Е.Хаин, И.Д.Полякова, Н.И.Филатова // Геология и геофизика. — 2009. — Т. 50. — № 4.
2. Хаин В.Е. Тектоническая карта Восточной Арктики (Гл. ред. В.Е. Хаин). / В.Е.Хаин, И.Д.Полякова, В.Д.Чехович, Н.И.Филатова. Масштаб 1:2 500000 — М.: Изд-во ГИН РАН, Новосибирск: Изд-во ИНГГ СО РАН, 2011.
3. Филатова Н.И. К генезису купола Де-Лонга / Н.И.Филатова // Докл. РАН. — 2007. — Т. 413. — № 4.
4. Петровская Н.А. Сопоставление сейсмокомплексов и основных несогласий в осадочном чехле шельфа Восточной Арктики / Н.А.Петровская, М.А.Савишкина // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2014. — Т. 9. — № 3.
5. Драчев С.С. Структура и сейсмостратиграфия шельфа Восточно-Сибирского моря вдоль сейсмического профиля «Индибирский залив-остров Жаннетты» / С.С.Драчев, А.В.Елистратов, Л.А.Савостин // Докл. РАН. — 2001. — Т. 377. — № 4.
6. Хаин В.Е. Шельфово-склоновые бассейны и их возможная нефтегазоносность в Восточной Арктике / В.Е.Хаин, И.Д.Полякова // Нефть и газ Арктики. — М.: Интерконтакт Наука, 2007.
7. Sekretov S.B. Structure and tectonic evolution of the southern Eurasia Basin, Arctic Ocean / S.B.Sekretov // Tectonophysics. — 2002. — V. 351.
8. Леончик М.И. Дельтовые и турбидитные комплексы арктической окраины России — перспективные направления

поиска крупных систем скоплений углеводородов / М.И.Леончик // Материалы Всероссийской конференции "Арктика — нефть и газ 2015". — 2015.

9. **Лазуркин Д.В.** Осадочные бассейны глубоководной части Северного Ледовитого океана и перспективы их нефтегазоносности / Д.В.Лазуркин, А.В.Павлов // Докл. РАН. — 2005. — Т. 401.

10. **Половков В.В.** Выявление залежи углеводородов в Восточно-Сибирском море с помощью совместного использования отраженных и преломленных сейсмических волн. [Электронный ресурс] / В.В.Половков // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2011. — Т. 6. — № 4. — Режим доступа www.hgtr.ru/rub/5/39_2011.pdf.

11. **Лазуркин Д.В.** Новый метод выделения зон протокатагенеза, мезокатагенеза и апокатагенеза по пластовым сейсмическим скоростям в терригенном осадочном чехле / Д.В.Лазуркин // Докл. РАН. — 2011. — Т. 437.

12. **Слободин В.Я.** Расчленение разреза Айонской скважины по новым биостратиграфическим данным / В.Я.Слободин, Б.И.Ким, Г.В.Степанова, Ф.Я.Коваленко. — Стратиграфия и палеонтология мезо-кайнозоя Советской Арктики. — Спб.: Изд-во ПГО «Севморгеология», 1990.

13. **Хаин В.Е.** Углеродистые металлоносные отложения и события океанской аноксии в фанерозойской истории Земли / В.Е.Хаин, И.Д.Полякова // Океанология. — 2012. — Т. 52. — № 2.

14. **Яшин Д.С.** Геохимические признаки нефтегазоносности Восточно-Арктического шельфа России / Д.С.Яшин, Б.И.Ким // Геология нефти и газа. — 2007. — № 4.

15. **Хаин В.Е.** Геодинамические предпосылки нефтегазоносности континентального склона глубоководных впадин / В.Е.Хаин, И.Д.Полякова // Геология и геофизика. — 2004. — Т. 45. — № 1.

16. **Лоджевская М.И.** Количественная оценка нефтегазоносности с позиций глубинного происхождения углеводородов / М.И.Лоджевская // Геология нефти и газа. — 2015. — № 5.

17. **Косько М.И.** Остров Врангеля: геологическое строение, минералогия, геоэкология / М.И.Косько, В.Г.Авдоничев, В.Г.Ганелин / Ред. М.И.Косько, В.И.Ушакова. — Спб.: Изд-во ВНИИОкеанология, 2003.

18. **Косько М.К.** Геология Новосибирских островов — основа интерпретации геофизических данных по Восточно-Арктическому шельфу России [Электронный ресурс] / М.К.Косько, Н.Н.Соболев Е.А.Кораго и др. // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2013. — Т. 8. — № 2. — Режим доступа www.hgtr.ru/rub/5/17_2013.pdf.

19. **Иванов В.В.** Осадочные бассейны Северо-Восточной Азии / В.В.Иванов. — М.: Наука, 1985.

20. **Захаров В.А.** О возможном распространении верхнеюрских и нижнемеловых отложений на шельфе моря Лаптевых и перспективах их нефтегазоносности / В.А.Захаров, Б.И.Ким, М.А.Рогов // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 2013. — Т. — 21. — № 5.

21. **Константинов А.Г.** Стратиграфия триаса восточной части побережья моря Лаптевых и Новосибирских островов / А.Г.Константинов, Е.С.Соболев, А.В.Ядренкин // Геология и геофизика. — 2013. — Т. 54. — № 8.

22. **Гресов А.И.** Газоносность донных осадков и геохимические признаки нефтегазоносности шельфа Восточно-Сибирского моря / А.И.Гресов, А.И.Обжиров, А.В.Яцук и др. // Тихоокеанская геология. — 2016. — № 2, 2017.

23. **Конторович А.Э.** Геология, ресурсы углеводородов шельфа арктических морей России и перспективы их освоения / А.Э.Конторович, М.И.Эпов. Л.М.Бурштейн и др. // Геология и геофизика. — 2010. — Т.51. — № 1.

© И.Д.Полякова, Г.Ч.Борукаев, Св.А.Сидоренко, 2017

Инна Даниловна Полякова,
главный научный сотрудник,
доктор геолого-минералогических наук,
borukaeva@yandex.ru;

Георгий Черменович Борукаев,
старший научный сотрудник,
кандидат геолого-минералогических наук,
gborukaev@mail.ru;

Светлана Александровна Сидоренко,
ведущий научный сотрудник,
доктор геолого-минералогических наук,
sidorenko@ipng.ru.

OIL-GAS POTENTIAL OF THE EAST-SIBERIAN SEA

Polyakova I.D. (Geological Institute RAS), *Borukaev G.Ch.*, *Sidorenko Sv.A.* (Oil and Gas Research Institute RAS)

Geophysical and geochemical indices used for evaluation of oil-gas potential of the Aptian-Cenozoic basins in the East-Siberian Sea are analyzed. Types and thermal maturity of OM showing the oil-gas generation activity are reconstructed for the sediment fill of the basins located in the periphery of the De-Longa uplift and Longa depression. In the acoustic basement rocks the generation potential of OM is sufficiently realized, and in places with mildly deformed sedimentary series the HC generation products could be partly preserved in the form of gas and bitumen accumulations. At present the acoustic basement constitutes a secondary source of HC entering the sedimentary cover of the East-Siberian Sea along the fractures of fault zones.

Key words: oil and gas presence; OM types; thermal maturity of OM; sedimentary sequence; phase zones.