

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/46_2016

УДК 553.98.04:552.54:551.735/.736(268.55)

Верба М.Л.

Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского» (ФГБУ «ВСЕГЕИ») ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург, Россия, verba@sevmorgeo.com

ПАЛЕОЗОЙСКИЕ ПОРОДЫ В ОСАДОЧНОМ ЧЕХЛЕ СЕВЕРНОЙ ОКРАИНЫ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯ И ИХ ВКЛАД В ОБЩУЮ ОЦЕНКУ ПЕРСПЕКТИВ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

Рассмотрен представительный фрагмент регионального сейсмического профиля, выполненного по современной технологии и пересекающего шельф Восточно-Сибирского моря от о. Врангеля до поднятия Менделеева. Установлено, что платформенный чехол региона включает не только верхнемеловые-кайнозойские отложения мощностью 0,5-1,5 км, как это полагали ранее, но и две осадочные толщи мезозой-позднепалеозойского возраста общей толщиной не менее 4-5 км. На основании анализа скоростных свойств и региональных сопоставлений сделан вывод, что даже в нижней из этих толщ сохранился нефтегенерационный потенциал. В этой толще выявлены карбонатные пачки, обладающие признаками благоприятных коллекторов кавернозного типа. Показано, что использование в регионе облегченных модификаций сейсморазведки влечет неполное освещение осадочного разреза и занижение оценки перспектив нефтегазоносности.

***Ключевые слова:** осадочный чехол, верхний палеозой, карбонатные породы, перспективы нефтегазоносности, Восточно-Сибирское море.*

Введение

Региональные сейсмические профили, которые обрабатывались в Восточно-Сибирском море (ВСМ) ныне существенно сократившимся предприятием СЕВМОРГЕО, в основном были нацелены на решение политической задачи – получение дополнительных аргументов для обоснования внешней границы континентального шельфа (ВГКШ) Российской Федерации. Помимо этого, полученные по этим профилям новые геологические данные имеют существенное значение в более широком плане, в частности, для общегеологических построений и оценки углеводородного потенциала. Эти результаты, не нашедшие пока должного отражения в публикациях, касаются одной из принципиальных черт геологического строения всего ВСМ. Этот дискутируемый вопрос заключается в оценке роли палеозойского осадочного комплекса в строении недислоцированного чехла региона.

Вопрос о присутствии в составе недислоцированного чехла ВСМ палеозойских осадочных пород имеет практическое значение, непосредственно влияя на прогнозную оценку региона на углеводородное сырьё. Он имеет давнюю историю и восходит к 70-м гг. прошлого столетия, когда появились материалы первых региональных геофизических съёмок на ВСМ. Они включали только гравимагнитные съёмки, не сопровождались сейсмическими

наблюдениями, и тем не менее послужили В.А. Виноградову и Г.И. Гапоненко основанием для ряда важных геологических выводов. В первую очередь это относится к утверждению о повсеместном развитии на этом шельфе позднемезозойской складчатости [Виноградов и др., 1974]. В последующие три десятилетия эта концепция доминировала в публикациях как отечественных исследователей ([Вольнов, Литинский, 1976; Грамберг, Косько, Погребницкий, 1986; Drachev et al., 1998; Шипелькевич, Бурлин, 2003] и многие другие), так и их зарубежных коллег, выводы которых подкреплялись сейсмическими наблюдениями ([Fujita, Cook, 1990; Hinz et al., 1993; Franke, Hinz, Reichert, 2004] и другие). Материалы этих сейсмических работ, осуществленных облегченной методикой МОВ, не могли обеспечить уверенного освещения докайнозойского разреза, залегающего ниже регионального позднемелового несогласия.

Важную роль в построениях перечисленных исследователей играли результаты наземных геологических работ на островной суше ВСМ, где палеозойские породы были известны в разрезе складчатой структуры Геральдо-Врангелевской полосы деформаций [Тильман и др., 1970; Косько и др., 2009]. В последние годы весомость аргументов в пользу концепции В.А. Виноградова и его последователей была усилена результатами новых зарубежных сейсмических работ, которые охватили самую северную окраину ВСМ и поднятие Менделеева (ПМ) [Bruvoll et al., 2010; Dove et al., 2010]. Хотя эти исследования в силу сложной ледовой обстановки были проведены на относительно пониженном технологическом уровне (короткая приёмная коса, небольшой источник колебаний), их результаты были уверенно истолкованы как подтверждение складчатой природы докайнозойских образований, поверхность которых была обозначена как акустический фундамент (АФ). На отдельных участках ПМ ниже поверхности АФ фиксировались отчетливые отражающие горизонты различной морфологии, но эти факты, по мнению авторов, не препятствуют выделению здесь складчатого основания [Bruvoll et al., 2012].

Вполне естественно, что эти представления отразились на оценке величины углеводородного потенциала данной акватории, которая оказалась существенно ниже аналогичной оценки сопредельного морей Чукотского и Бофорта [Копылова, Польшин, Дитмар, 1976]. Вклад потенциала палеозойских пород в общую оценку перспектив нефтегазоносности в соответствии с господствующими тектоническими построениями был невелик, что нашло отражение и в обобщающих работах [Грамберг и др., 1984]. Надо заметить, что сделанная этими исследователями сравнительно скромная оценка перспективности ВСМ на многие годы задержала более подробное геолого-геофизическое изучение этого региона, отличающегося к тому же труднодоступностью из-за специфических природных условий.

Наряду со сказанным, в ряде работ приводились данные о том, что под подошвой кайнозойского покровного комплекса (и горизонта АФ) во многих местах ВСМ, как на западе

моря, где проводились упомянутые сейсмические работы, так и на севере моря на сочленении шельфа с ПМ, залегает более древний осадочный комплекс, включающий не только мезозойские, но и верхнепалеозойские образования. В частности, на это обратили внимание В.В. Верба с соавторами [Ким и др., 2006]. Аналогичный вывод вытекает из результатов изучения каменного материала, полученного на ПМ [Верниковский и др., 2014]. Позднее эту точку зрения, базируясь на новом геофизическом материале, полученном МАГЭ, озвучил Г.И. Иванов на Международном геологическом конгрессе в Кейптауне (2016 г.).

Большую роль в обосновании этих построений сыграли данные американских исследователей, обнаруживших свидетельства присутствия нескладчатых палеозойских пород в сопредельных с ВСМ областях – на Чукотском плато и подводном поднятии Нортвинд [Grantz et al., 1998] и на западе Чукотского моря [Sherwood et al., 2002].

Значение этих данных заключается в том, что в непосредственной близости от рассматриваемого региона в палеозойских породах встречены крупные залежи нефти и прогнозируются новые открытия [Sherwood et al., 1998]. Добавим, что на побережье моря Лаптевых давно известны притоки нефти, также приуроченные к верхнепалеозойским отложениям (район Нордвика, площадь Сындаско, данные П.С. Воронова и П.С. Пука [Тальвирский, 1976]).

Таким образом видно, что имеющиеся геолого-геофизические данные относительно роли палеозойских пород в строении шельфа ВСМ достаточно противоречивы, что отмечалось и ранее [Богданов, Хаин, Шипилов, 1995]. Это положение придает новым сейсмическим данным, обсуждаемым ниже, несомненную актуальность.

Исходные данные

Второй этап отечественных исследований ВСМ, охвативший последние 5-8 лет, выгодно отличался от первого в количественном и качественном отношениях. Использованный аппаратурно-методический комплекс включал помимо традиционных гравимагнитных измерений две разновидности сейсмических работ и разнообразные геологические наблюдения. Гравиметрические и магнитные измерения отличались повышенной точностью, при сейсмических работах были использованы современные технические средства (многоканальная сейсмическая приемная коса длиной до 4500 м и мощные излучатели), а геологические исследования проводились с использованием станков для подводного бурения и манипуляторов специальной подводной лодки [Морозов и др., 2013]. Методические особенности этих комплексных работ были освещены в публикациях Т.С. Сакулиной, С.Н. Кашубина и других специалистов, которые обобщены в упомянутой итоговой работе [Морозов и др., 2013]. Учитывая это обстоятельство, здесь отметим только главный тезис этих

сообщений, состоящий в том, что эти исследования по своей геологической информативности находились на уровне, значительно превышающем все проведенные в Арктическом бассейне работы. Особенно это относится к сейсмическому профилированию МОВ-ОГТ, которое сопровождалось зондированиями МПВ. Работы МОВ позволили впервые надежно и с высоким разрешением осветить разрез шельфа на глубины до 15-18 км, а зондирования донными сейсмическими станциями дополнили эти наблюдения скоростными данными и информацией о строении нижней части земной коры (рис. 1, 1а). В совокупности эти материалы позволили взглянуть на строение шельфа с принципиально иных позиций. Главное в этих материалах заключалось в установлении факта присутствия под выделявшимся ранее АФ ряда осадочных комплексов, не испытавших существенных складчатых деформаций и бесспорно относящихся к образованиям покровного типа. Это дало серьезное основание для расширения стратиграфического диапазона отложений, перспективных в нефтегазоносном отношении. Ниже на одном из характерных примеров будет показано, что достижение таких результатов стало возможным благодаря детальной обработке полученных сейсмических записей.

Детальный анализ новых сейсмических данных, позволивший уточнить ранее высказанные суждения, был основан на рассмотрении волновой картины в максимально крупном масштабе, когда в построении разреза участвуют отражения всех 360 каналов сейсмической косы, расстояние между которыми составляет 12,5 м. В результате на полученном разрезе можно различить детали размером в первые десятки метров как по вертикали, так и по горизонтали (рис. 2).

При анализе новых сейсмических данных был учтен опыт ранее проведенных работ. Их результаты также были представлены в виде мелкомасштабных региональных построений, что в сочетании с недостаточной глубиной освещения разреза привело исследователей, в частности В. Бруволь, к неочевидному сопоставлению горизонта АФ со складчатым фундаментом [Bruvold et al., 2012]. Тем не менее, фактические данные, полученные при этих исследованиях, при сопоставлении с более совершенными сведениями, обсуждаемыми ниже, позволяют получить дополнительную полезную информацию.

Обсуждение полученных результатов

В разрезе ПМ В. Бруволь были выделены три типа сейсмофаций:

- 1) непрерывные высокоамплитудные отражения часто с резкими разрывами,
- 2) слабые наклонные отражения,
- 3) сегментированные отражения, приближающиеся к хаотическим.

В свете новых данных первый тип АФ соответствует ситуации, когда кайнозойские

горизонтально залегающие отложения подстилаются столь же пологозалегающими слоями мезозойского возраста. На рис. 2 они залегают на временах 3,5-3,9 с. Второй тип АФ по существу аналогичен первому, с тем отличием, что слагающие его докайнозойские, вероятно, юрско-меловые отложения залегают с небольшим наклоном и отделены от кайнозойского чехла слабым угловым несогласием (на рис. 2 залегают в интервале 3,1-3,5 с).

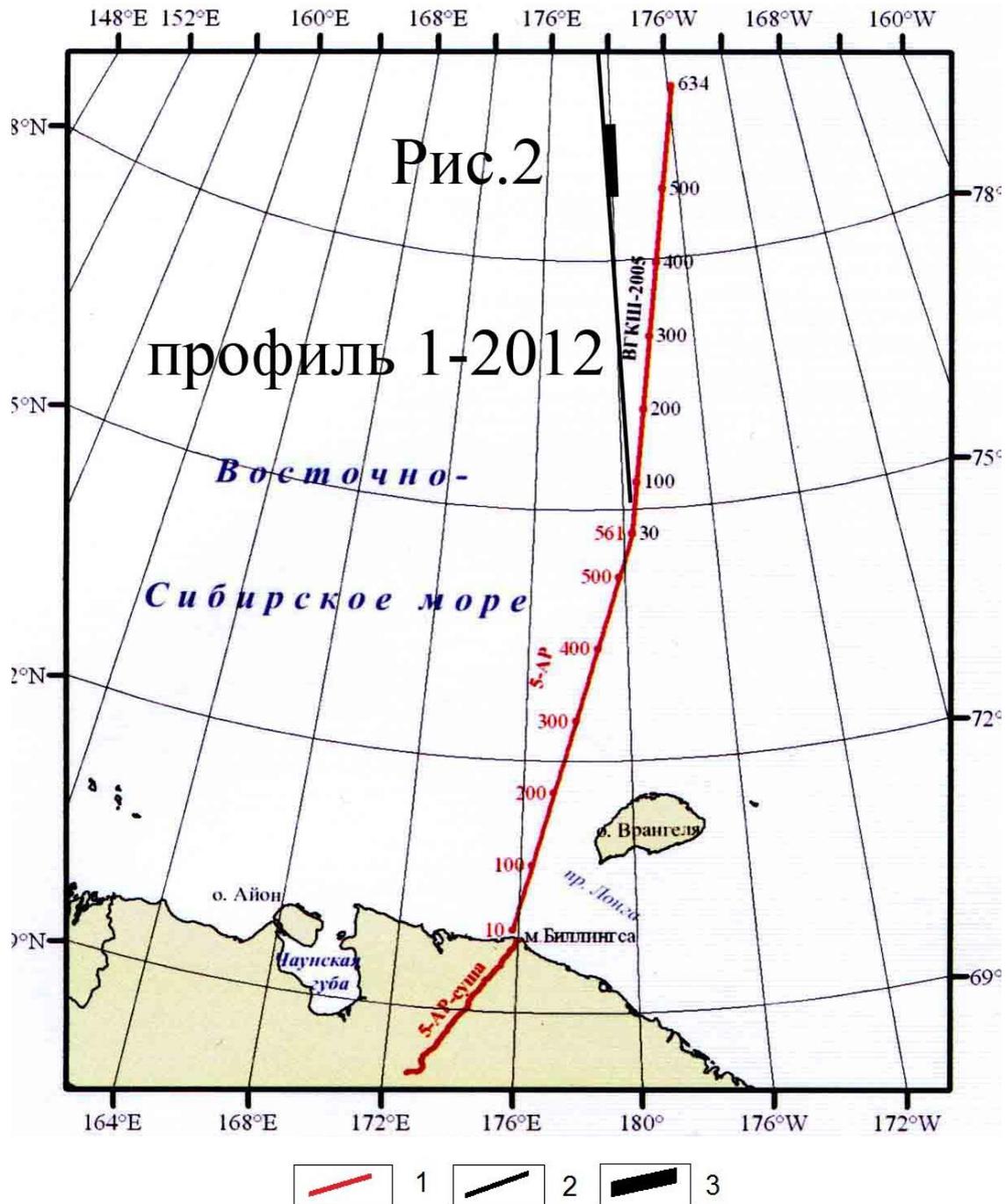


Рис. 1. Карта северной части Восточно-Сибирского моря

1 - российский геолого-геофизический профиль, отработанный в 2005 г., 2 - отработанный в 2012 г., 3 - фрагмент профиля, приведенного на рис. 2.

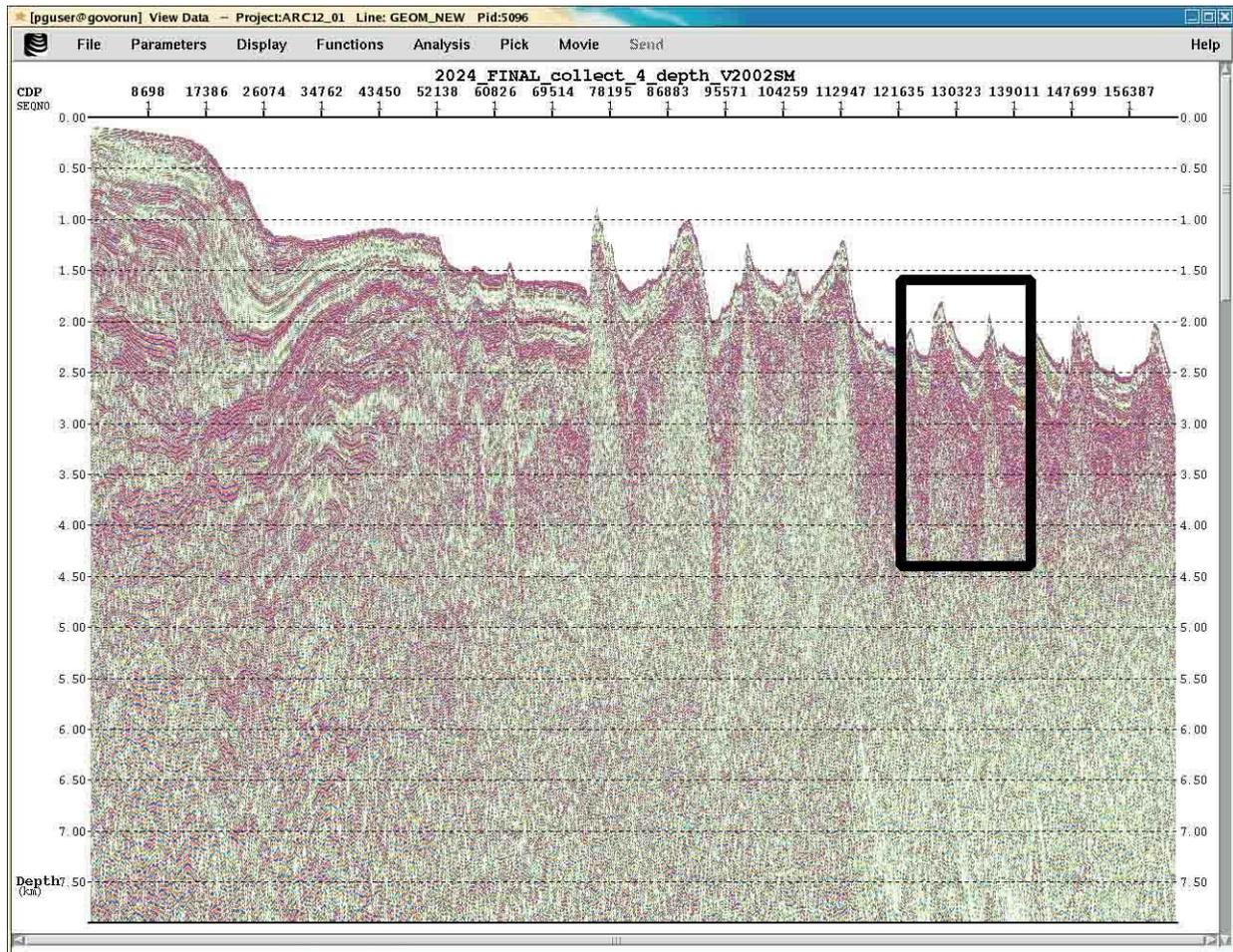


Рис. 1а. Сейсмический профиль МОВ-ОГТ, отработанный в 2012 г.

Приведен в сжатом масштабе, принятом для региональных построений. Черной линией выделен фрагмент, приведенный на рис. 2 в при близком соотношении вертикального и горизонтального масштабов.

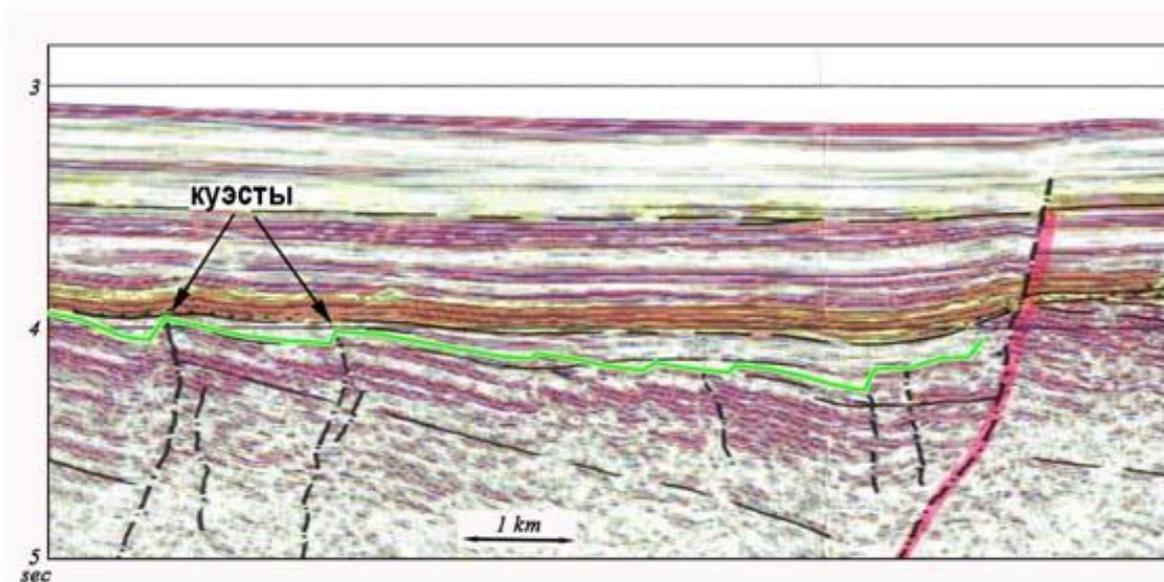


Рис. 2. Погребенный куэстовый рельеф поверхности несогласия между карбонатами лисберн и вышележащей верхне-элсмирской толщи

Толща лисберн - на временах 3,9-4,0 с, ниже зеленой линии, верхне-элсмирская толща - профиль 1-2012, ПК. 190-200, окрестности зонда 19. Фрагмент профиля показывает бесосновательность выделения в разрезе акустического фундамента.

Мезозойские отложения занимают в разрезе промежуточное положение и представлены серией непрерывных, горизонтально залегающих, высокоамплитудных рефлекторов, иногда слабо наклонных. Они прослежены неглубоко от поверхности морского дна в северной части ПМ. По В. Бруволь – это первый тип фаций, который путем сравнения с породами, вскрытыми в скважинах на плато Онтонг-Джава, поставлены в соответствие относительно мощные и протяженные покровы базальтов [Bruvoll et al., 2012].

Залегая на глубине не более 0,5-0,6 км ниже поверхности дна, эта секвенция, местами с хорошо выраженным угловым несогласием, перекрывается горизонтально залегающими низкоскоростными осадками, которые единогласно относятся к кайнозойским образованиям. В волновом поле она имеет характерный облик моноклинально залегающей слоистой толщи, падающей в северных румбах с видимым углом наклона около 6°, хорошо выдержанном на расстоянии почти 100 км. Толщина данной секвенции вряд ли меньше 2,0-2,5 км.

По анализу записи преломленных волн интервальная скорость в этой промежуточной толще оценивается в 3,75-4,35 км/с, что характерно для мезозойских пород Чукотского моря [Sherwood et al., 1998]. В ряде зондирований в этой части разреза под толщей со скоростью 4,30-4,52 км/с, присутствуют более высокоскоростные породы (около 5,30 км/с).

Третий тип АФ представляют по В. Бруволь сегментированные, нарушенные сбросами отражения, часто переходящие в хаотическую запись. Этот тип разреза вызывает несомненный интерес. Отложения этого типа, судя по современным отечественным данным, могут быть сопоставлены с более древними домезозойскими толщами (на рис. 2 залегают на временах более 3,9 с). Они распространены в южной части ПМ и отличаются повышенными значениями пластовых скоростей, достигающими 4,8-5,2 км/с (на времени 3,320 с). Зондирования МПВ говорят о присутствии ниже по разрезу отложений со скоростями 5,04-5,37 км/с [Bruvoll et al., 2012].

По мнению этих авторов, данный тип фаций по аналогии с разрезом плато Онтонг-Джава связывается с толстыми слоями туфов и/или, возможно, осадочных пород, которые перемежаются с базальтовыми покровами и силами. Если не прибегать к сопоставлению ПМ со столь далекими регионами, то породы с этими промежуточными значениями скорости, не характерными для складчатых образований, вполне можно объяснить присутствием уплотненных палеозойских пород, в пользу чего говорят данные по Чукотскому морю [Thurston, Theis, 1987].

Таким образом, судя по значениям скорости и характеру волновой картины по новым сейсмическим материалам, а также по положению в разрезе эти сравнительно высокоскоростные образования, обладающие ясно выраженной седиментогенной расслоенностью, представляют собой на ПМ наиболее древние образования осадочного чехла.

Они отличаются заметным наклоном в северном направлении, но этот наклон не говорит о залегании, нарушенном складчатостью. Тот факт, что В. Бруволь отмечает в этой толще только слабо выраженную слоистость, прослеживаемую с бóльшим трудом, чем в вышележащем разрезе, вызван, безусловно, технологическими особенностями работ (короткое приёмное устройство длиной около 0,6 км, маломощный источник упругих колебаний).

По данным сейсмического профилирования МОВ-ОГТ и зондирований МПВ, выполненных Севморгео, в основании осадочного чехла на ПМ залегает мощная (3,0-4,0 км) толща различных по скоростным свойствам и, очевидно, по вещественному составу пород, которые ранее рассматривались в составе АФ (см. рис. 2). Сопоставление разреза этой части ПМ со скважинами в Чукотском море дает основание полагать, что эта толща, самая древняя в составе осадочного чехла, может быть поставлена в соответствие группе *эндикотт* (*Endicott Gr.*), которая характеризуется на соизмеримых глубинах залегания скоростью в среднем около 4,75 км/с, что совпадает с нижним пределом скорости рассматриваемых отложений на южной части ПМ по данным МПВ (Т.С. Сакулина, 2015).

Кровля этой нижней осадочной секвенции полого погружается в северном направлении и перекрывается второй секвенцией со скоростями в диапазоне 4,2-4,5 км/с. Поверхность этого комплекса обладает явными признаками длительного эрозионного размыва и характеризуется угловым и стратиграфическим несогласием. В первом приближении она имеет плоский, выровненный рельеф и в макромасштабе соответствует зрелому пенеплену. Вместе с тем, более детальное рассмотрение мезоформ этого рельефа в крупном масштабе позволяет выявить в ней асимметричные неровности, следующие друг за другом с определенной регулярностью, с шагом примерно 1 км. Амплитуда этих неровностей рельефа не превышает одной фазы рефлектора, т. е. не более 150-200 м (см. рис. 2). Склоны возвышенностей, обращенные к северу, являются пологими, и они наклонены под тем же углом, что и слоистая толща, залегающая ниже. Склоны в противоположном направлении, наоборот, более крутые и местами близки к отвесным обрывам. Подходя к ним рефлекторы обрезаются. Иначе говоря, погребенный рельеф верхнепалеозойских пород может рассматриваться как череда невысоких куэст, сформированных в процессе субаэральной денудации. Подобный тип рельефа свойственен областям развития полого залегающих слоистых толщ, сложенных сравнительно мягкими породами, чередующимися с относительно крепкими, обычно карбонатными породами, более устойчивыми к денудации и бронирующими вершины куэстовых возвышенностей. Хотя этими крепкими разновидностями чаще всего бывают карбонатные породы, ими могут оказаться и кремнистые слои. Впрочем, вероятность этого невелика. Мощность чередующихся пачек, судя по высоте куэст, не превышает полутора – двух сотен метров. Эти наблюдения позволяют полагать, что рассматриваемая секвенция по условиям

формирования соответствует платформенным фациям. Этим условиям в ближайших, более полно изученных областях соответствует нижнеэлсмирская толща, которая по мощности, скоростным свойствам и присутствию карбонатов близка к рассматриваемой секвенции низов менделеевского разреза. В Чукотском море в скв. Tunalik-1 на глубине 5580 м вскрыта кровля карбонатных пород группы *лисберн* видимой мощностью 620 м, которая отнесена к пенсильванию и перекрывается толщей базальтов мощностью 223 м, датируемых пермью [Sherwood et al., 2002]. В скв. Inigok-1 на Аляске, где толща *лисберн* вскрыта полностью, ее мощность составляет 1220 м, а по сейсмическим данным она достигает 1500 м при пластовой скорости 4,27 км/с. На южном борту Северо-Чукотского прогиба по данным профиля 5-AP она диагностируется в сейсмическом разрезе по характерному пакету сильных рефлекторов, сопоставляемых с карбонатной толщей *лисберн* и разделяющих элсмирскую мегасеквенцию на две части: нижне- и верхнеэлсмирскую.

Нижнеэлсмирская секвенция венчается пачкой сильных рефлекторов, акустическая жесткость которых связывается на западе Чукотского шельфа, скорее всего, с карбонатами толщи *лисберн* [Sherwood et al., 2002]. Кроме того, эти авторы отмечают, что иногда в верхней части этой карбонатной пачки встречается единичный базальтовый покров, вскрытый, в частности, в скв. Tunalik-1. По результатам определения радиогенного возраста каменного материала, полученного на ПМ при подводном бурении и опробовании донных отложений, было показано, что в данном регионе присутствует, кроме раннепалеозойских и кайнозойских пород базитового состава (долеритов и базальтов), также некоторое количество позднепалеозойских пород такого же вещественного состава [Верниковский и др., 2014]. Впрочем, их доля в разрезе, как и на Чукотском море, невелика, что хорошо согласуется с обсуждаемыми сейсмическими материалами.

На о. Врангеля этой секвенции может быть поставлена в соответствие толща верхнепалеозойских терригенно-карбонатных пород, с несогласием перекрывающая девонскую *дремхедскую* свиту и достигающая мощности 3 км [Косько и др., 2003]. Важно отметить, что эта пестрая по вещественному составу толща залегает спокойно, согласно перекрывается пермскими глинистыми сланцами и включает, кроме карбонатных и хемогенных пород, также и вулканиты. В западной части ВСМ на архипелаге Де-Лонга данной секвенции соответствует, вероятно, мощная верхнепалеозойская терригенно-вулканогенная толща, описанная В.А. Виноградовым на о-вах Генриетты и Жаннетты.

Из этих сопоставлений следует, что верхнепалеозойские отложения пользуются на шельфах ВСМ и Чукотского морей достаточно широким развитием, причем в их составе непременно фиксируются магматические образования. Если принять во внимание тот факт, что по данным определения радиологического возраста базальтов, опробованных в ходе

экспедиции Севморгео-2012 в коренном залегании в поле развития рассматриваемой секвенции, они отнесены к пермским образованиям, то её сопоставление с группой *лисберн* средне-позднекаменноугольного возраста получает дополнительное обоснование.

Таким образом, наблюдения В. Бруволь о присутствии в составе АФ на ПМ вулканогенных пород получают косвенное подтверждение в новых материалах, с той оговоркой, однако, что в возрастном отношении эти вулканиты, по всей видимости, более разнообразны, чем предполагалось ранее, и включают не только меловые, но и более древние образования, в том числе позднепалеозойские и, как упоминалось выше, раннепалеозойские [Верниковский и др., 2014].

Значение полученных данных в аспекте перспектив нефтегазоносности

Величина осадочного разреза является первым критерием, по которому проводится с самых общих позиций ориентировочная оценка перспектив нефтегазоносности слабо изученных регионов, подобных рассматриваемому ВСМ. Важно отметить, что палеозойская осадочная толща, судя по скоростным характеристикам, не была подвержена ни складчатости, ни влиянию термального метаморфизма захороненного органического вещества. Аналогичный вывод был сделан по результатам изучения донного каменного материала, собранного в этой акватории [Кабаньков, Андреева, 2009]. Выявление в этом регионе палеозойской осадочной толщи обуславливает трехкратное увеличение общего объёма отложений, способных генерировать и вмещать углеводородные флюиды. Наличие в смежных регионах, упоминавшихся выше, залежей нефти в верхнепалеозойских породах повышает вероятность нахождения скоплений углеводородов в синхронных отложениях северной окраины шельфа ВСМ.

Кроме того, обнаружение неровностей погребенного рельефа куэстового типа в данной области шельфа позволяет рассчитывать на существование структурных условий для аккумуляции углеводородов, а присутствие карбонатов в разрезе палеозойской осадочной толщи может указывать на наличие благоприятного кавернозного коллектора. Длительный денудационный перерыв, предшествующий накоплению вышележащих, видимо мезозойских толщ, безусловно способствовал дренированию карбонатных слоёв, формирующих куэстовые уступы, и появлению в них повышенной скважности. Некоторая нестабильность скоростных свойств этих отложений также хорошо коррелируется с моделью кавернозного коллектора.

Приведенные соображения дают возможность заключить, что представление о присутствии рассматриваемых верхнепалеозойских осадочных пород обеспечивает существенный прирост ресурсной базы углеводородов всего ВСМ, где эти отложения имеют

место. Наличие на северной окраине ВСМ морфоструктурных продолжений шельфовых тектонических элементов (рис. 3) позволяет говорить о принципиальном сходстве прогнозных оценок всего ансамбля сопредельных частей данной акватории.

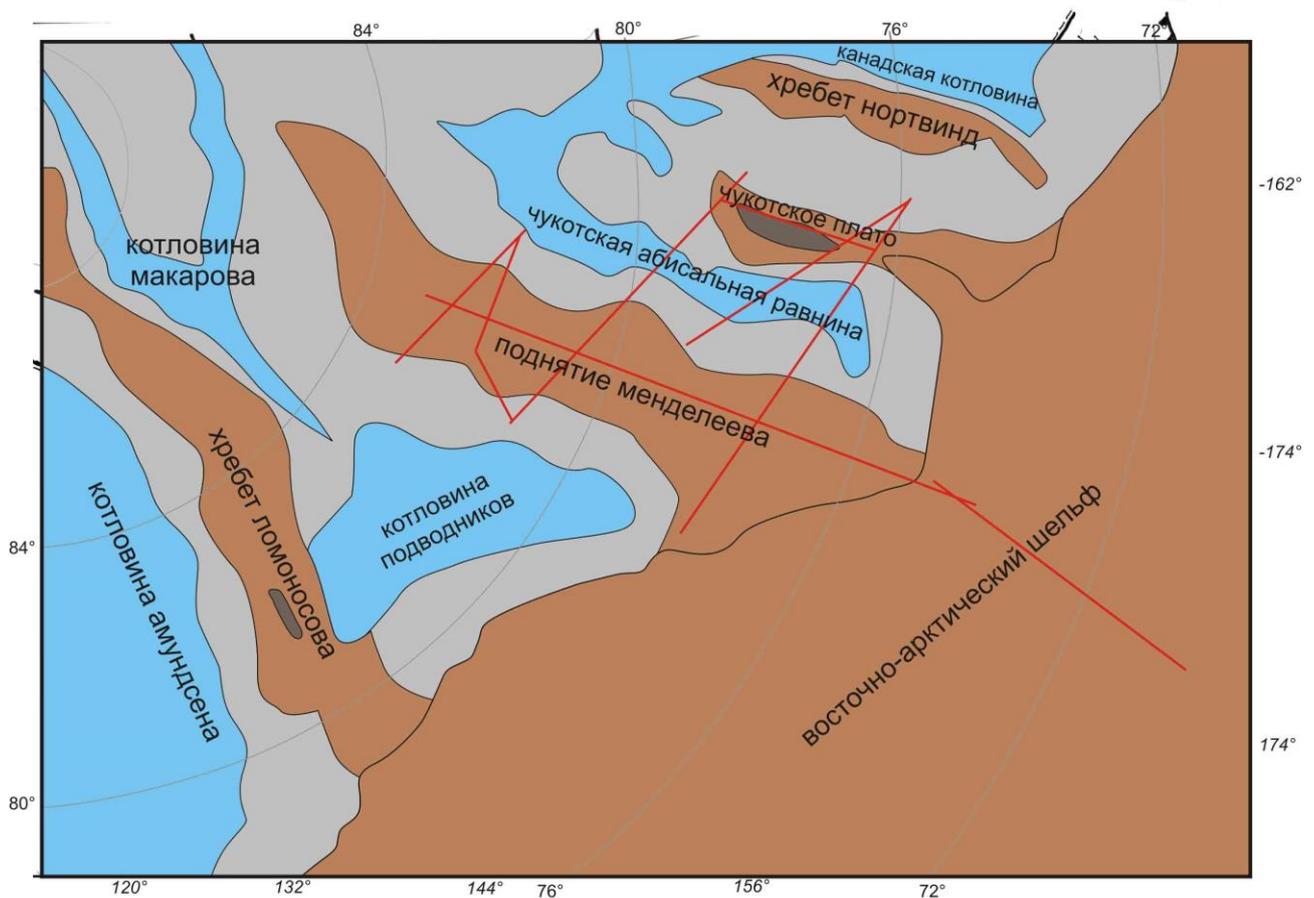


Рис. 3. Обобщенная морфоструктурная схема северной части Восточно-Сибирского моря и прилегающих акваторий Северного Ледовитого океана

Показаны подводные возвышенности (коричневый цвет), связанные с шельфом постепенным переходом и составляющие со структурами шельфа единый неотектонический ансамбль

Заключение

Итак, благодаря применению современных возможностей сейсморазведки МОВ-ОГТ на шельфе ВСМ и ПМ под маломощным койлогенным комплексом (толщиной 0,5-1,5 км) были выявлены две осадочных толщи общей мощностью не менее 3-4 км. Верхняя обладает скоростями 3,7-4,4 км/с и отнесена в целом к мезозою, а нижняя, характеризуемая скоростями 4,8-5,2 км/с, уверенно сопоставлена с верхнепалеозойскими отложениями. Вместо одного сейсмического горизонта, прослеженного предшествующими исследователями под названием «АФ», в разрезе осадочного чехла выделено две поверхности несогласия, ограничивающих указанные осадочные толщи, слагающие недислоцированный платформенный чехол. Это обстоятельство исключает возможность привлечения к интерпретации строения термина «АФ». Широкое развитие на шельфе ВСМ недислоцированных мезозойских и

верхнепалеозойских пород показывает, что позднемеловая складчатость, охватившая по В.А. Виноградову весь шельф, ограничена структурами Анюйско-Чукотской складчатой системы [Катков, Миллер, Торо, 2009]. По данным этих авторов возраст данных деформационных процессов по цирконам из гранитных интрузий на Алярмаутской структуре находится в интервале 117-105 млн. лет, что соответствует рубежу апта и альба.

Многочисленное возрастание толщин осадочного чехла, обеспеченное весьма информативной сейсморазведкой МОВ-ОГТ, говорит о возможности увеличения прогнозной оценки углеводородного потенциала не только рассмотренной части ВСМ, но и сопредельных областей. Значения интервальных скоростей показывает, что породы чехла не достигли высоких уровней катагенеза ОВ, что свидетельствует о возможных перспективах нефтегазоносности всего осадочного чехла.

В свете обсуждаемых данных представляется эффективным проведение в данном регионе работ МОВ, которые обеспечили бы освещение осадочного разреза на всю его мощность, что будет способствовать более полным представлениям о его ресурсном потенциале.

Литература

Богданов Н.А., Хаин В.Е., Шипилов Э.В. Система кайнозойских рифтов Восточной Арктики и ее возможное значение // ДАН. - 1995. - Т. 345. - № 1. - С.84 – 86.

Верниковский В.А., Морозов А.Ф., Петров О.В., Травин А.В., Кашубин С.Н., Шокальский С.П., Шевченко С.С., Петров Е.О. Новые данные о возрасте долеритов и базальтов поднятия Менделеева: к проблеме континентальной коры в Северном Ледовитом океане // Доклады РАН. - 2014. - Т. 454. - № 4. - С. 431–435.

Виноградов В.А., Гапоненко Г.И., Русаков Н.М., Шимараев В.Н. Тектоника Восточно-Арктического шельфа СССР. – Л.: Недра, 1974. – 142 с.

Вольнов Д.А., Литинский В.А. Структурно-тектоническое райнирование акваторий шельфовых морей Лаптевых и Восточно-Сибирского // В кн.: Геология шельфа Восточно-Сибирских морей. - Л.: НИИГА, 1976. - С. 8–22.

Грамберг И.С., Косько М.К., Погребницкий Ю.Е. Тектоническая эволюция арктических шельфов Сибири в рифее - мезозое // Сов. геология. – 1986. - № 8. - С. 60-72.

Грамберг И.С., Кулаков Ю.Н., Погребницкий Ю.Е., Сороков Д.С. Арктический нефтегазоносный супербассейн // Нефтегазоносность Мирового океана: сб. науч. тр. - Л.: ПГО «Севморгеология», 1984. - С. 7–21.

Кабаньков В.Я., Андреева И.А. Геология области Центрально-Арктических поднятий по результатам изучения донно-каменного материала // Геология полярных областей земли: материалы XLII Тектонического совещания. – Т. 1. - М.: Изд-во ГЕОС, 2009. - С. 237-240.

Катков С.М., Миллер Э.Л., Торо Х. Возраст деформационных структур Аннойско-Чукотской складчатой системы (Восточная Арктика) // Геология полярных областей земли: материалы XLII Тектонического совещания. – Т. 1. - М.: Изд-во ГЕОС, 2009. - С. 264-266.

Ким Б.И., Яшин Д.С., Супруненко О.И., Евдокимова Н.К., Верба В.В., Харитонова Л.Я. Фундамент и осадочный чехол шельфа Восточно-Арктических морей России // Вестник Санкт-Петербургского Университета. Серия 7. Геология, География. - 2006. - Вып. 4. - С. 104–106.

Копылова Т.Н., Польшкин Я.И., Дитмар А.В. Геологические предпосылки нефтегазоносности шельфа Чукотского моря // В кн.: Геология шельфа Восточно-Сибирских морей. - Л.: НИИГА, 1976. - С. 104-114.

Косько М.К., Андреева И.А., Буценко В.В., Грикуров Г.Э., Иванов В.Л., Кабаньков В.Я., Супруненко О.И., Трухалев А.И. Тектоника Элсмирско-Чукотского палеошельфа (западная часть Американо-Северный Ледовитый океан) // Геология полярных областей земли: материалы XLII Тектонического совещания. – Т. 1. - М.: Изд-во ГЕОС, 2009. - С. 302–305.

Морозов А.Ф., Петров О.В., Шокальский С.П., Кашибин С.Н., Кременецкий А.А., Шкатов М.Ю., Каминский В.Д., Гусев Е.А., Грикуров Г.Э., Рекант П.В., Шевченко С.С., Сергеев С.А., Шатов В.В. Новые геологические данные, обосновывающие континентальную природу области Центрально-Арктических поднятий // Региональная геология и металлогения. - 2013. - № 3. – С. 34–55.

Тальвирский Д.Б. Тектоника Енисей-Хатангской нефтегазоносной области и сопредельных территорий по геофизическим данным. - М.: Недра, 1976. - 168 с.

Тильман С.М., Богданов Н.А., Бялбжеский С.Г., Чехов А.Д. Остров Врангеля // Геология СССР. - Т. XXVI. Острова Советской Арктики. - М.: Недра, 1970. - С. 377-404.

Шпелькевич Ю.В., Бурлин Ю.К. Тектоническое соотношение седиментационных бассейнов на Чукотско-Аляскинском шельфе и перспективы их нефтегазоносности // Докл. РАН. - 2003. - Т. 391. - № 3. - С. 368-372.

Bruvoll, V., Kristoffersen, Y., Coakley, B.J., Hopper, J.R., Planke, S., Kandilarov, A. The nature of the acoustic basement on Mendeleev and northwestern Alpha ridges, Arctic Ocean // Tectonophysics 514-517 (2012) 123-145.

Bruvoll, V., Kristoffersen, Y., Coakley, B.J., Hopper, J.R. Hemipelagic deposits on the Mendeleev and northwestern Alpha submarine Ridges in the Arctic Ocean: acoustic stratigraphy, depositional environment and an inter-ridge correlation calibrated by the ACEX results // Mar. Geophys. Res. (2010) 31:149-171.

Dove, D., Coakley, B. Hopper, J. Kristoffersen, Y. and HLY0503 Geophysics Team.

Bathymetry, controlled source seismic and gravity observations of the Mendeleev ridge; implications for ridge structure, origin, and regional tectonics. *Geophys. J. Int.* (2010). DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2010.04746.x>

Drachev, S.S., Savostin, L.A., Groshev V.G., Bruni I.E. Structure and Geology of the Continental Shelf of the Laptev Sea. *Tectonophysics* 1998, vol. 298, p. 357-393. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(98\)00159-0](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00159-0)

Franke D., Hinz K., and C. Reichert (2004), Geology of East Siberian Sea, Russian Arctic, from seismic images: Structures, evolution, and the implications for the evolution of the Arctic Ocean Basin. *J. Geophys. Res.*, 109, B07106. DOI: <https://doi.org/10.1029/2003jb002687>

Fujita K., Cook D.B. The Arctic continental margin of eastern Siberia // *The Geology of North America*, v. L. The Arctic Ocean Region / Eds. A. Grantz. L. Johnson, J.F. Sweeny. The Geological Society of America, 1990. p. 289-304.

Grantz, A., Clark, D.L., Phillips, R.L., Srivastava, S.P., Blome, C.D., Cray, L.B., Haga, H., Mamet, B.L. McIntyre, D.J., Mcneil, D.H., Mickey, M.B., Mullen, M.W., Murchey, B.I., Ross, C.A., Stevens, C.H., Silberling, N.J., Wall, J.H., Willard, D.A., 1998. Phanerozoic stratigraphy of Northwind Ridge, magnetic anomalies in the Canada basin, and the geometry and timing of rifting in the Amerasia basin, Arctic Ocean. *Geological Society of America Bulletin* 110. 801-820. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1998\)110<0801:PSONRM>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1998)110<0801:PSONRM>2.3.CO;2)

Hinz, K., O. Eldholm, M. Block, and J. Skogseid (1993), Evolution of the North Atlantic volcanic margins, in *Petroleum Geology of Northwest Europe: Proceedings of the 4th Conference*, edited by J.R. Parker, pp 901-913, Geol. Soc, London.

Sherwood K.W., J.D. Craig, L.W. Cooke, R.T. Lothamer, P.P. Johnson, S.A. Zerwick, J. Scerr, B. Herman, D. McLean, S. Haley, J. Larsen, J. Parker, R. Newman, A. Comer, S.M. Banet, S.B. Hurlburt, P. Sloan, G. Martin, W.I. Horowitz. Edited by K.W. Sherwood. *Undiscovered Oil and Gas Resources, Alaska Federal Offshore. As of January 1995.* U.S Department of the Interior Mineral Management Service, Alaska OCS Region. Anchorage, Alaska, (OCS Monograph MMS 98-0054) 1998. 382 p.

Sherwood K.W., Johnson P.P., Craig J.D., Zerwick S.A., Lothamer R.T., Thurston D.K., Hurlbert S.B. Structure and Stratigraphy of the Hanna Trough, U.S Chukchi Shelf, Alaska. // *Tectonic Evolution of the Bering Shelf-Chukchi Sea-Arctic Margin and Adjacent Landmasses.* Edited by E.L. Miller, A. Grantz, and S.L. Klemperer. The Geological Society of America Special Paper 360, 2002, p. 39-66.

Thurston, D.K., Theis L.A. Geologic report for the Chukchi planning area, Alaska. Regional geology, petroleum geology, and environmental geology. US Department of the Interior MMS, Alaska OSC Region, Anchorage, Alaska. 1987. 193 p.

Verba M.L.

A.P. Karpinski All-Russian Geological Research Institute (VSEGEI), St. Petersburg, Russia, verba@sevmorgeo.com

**PALEOZOIC SECTION OF THE SEDIMENTARY COVER
OF THE EAST SIBERIAN SEA'S NORTHERN OUTSKIRTS AND ITS IMPORTANCE
TO PETROLEUM POTENTIAL ASSESSMENT**

A section of regional seismic profile crossing the shelf of the East Siberian Sea from Wrangell Island to Mendeleev Uplift made in accordance with modern technologies is analyzed. It was found that the platform cover of the region includes not only the Upper Cretaceous and Cenozoic rocks with thickness up 0.5-1.5 km, as previously believed, but also two Late Paleozoic - Mesozoic sequences with a total thickness not less than 4-5 km. It was concluded on the basis of speed waves characteristics analysis and regional comparisons that petroleum generating potential preserved even into the lowest part of these strata. Carbonate levels characterized as favorable reservoir buildings of cavernous type are identified in this section. It is shown that the use of light modification of seismic survey in the region leads to partial coverage of the sedimentary section and to petroleum potential under-estimation.

Keywords: *sedimentary cover, Upper Paleozoic, carbonate rocks, petroleum potential prospects, East Siberian Sea.*

References

Bogdanov N.A., Khain V.E., Shipilov E.V. *Sistema kaynozoyevykh riftov Vostochnoy Arktiki i ee vozmozhnoe znachenie* [Cenozoic rifts system in Eastern Arctic and its possible value]. DAN, 1995, vol. 345, no. 1, p. 84–86.

Bruvoll, V., Kristoffersen, Y., Coakley, B. J., Hopper, J.R., Planke, S., Kandilarov, A. The nature of the acoustic basement on Mendeleev and northwestern Alpha ridges, Arctic Ocean. *Tectonophysics*, 514-517, 2012, p. 123-145.

Bruvoll, V., Kristoffersen, Y., Coakley, B.J., Hopper, J.R. Hemipelagic deposits on the Mendeleev and north western Alpha submarine Ridges in the Arctic Ocean: acoustic stratigraphy, depositional environment and an inter-ridge correlation calibrated by the ACEX results. *Mar. Geophys. Res.* (2010) 31:149-171.

Dove, D., Coakley, B. Hopper, J. Kristoffersen, Y. and HLY0503 Geophysics Team. Bathymetry, controlled source seismic and gravity observations of the Mendeleev ridge; implications for ridge structure, origin, and regional tectonics. *Geophys. J. Int.* (2010). DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2010.04746.x>

Drachev, S.S., Savostin, L.A., Groshev V.G., Bruni I.E. Structure and Geology of the Continental Shelf of the Laptev Sea. *Tectonophysics*, 1998, vol. 298, p. 357-393. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(98\)00159-0](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(98)00159-0)

Franke D., Hinz K., and C. Reichert (2004), Geology of East Siberian Sea, Russian Arctic, from seismic images: Structures, evolution, and the implications for the evolution of the Arctic Ocean Basin. *J. Geophys. Res.*, 109, B07106. DOI: <https://doi.org/10.1029/2003jb002687>

Fujita K., Cook D.B. The Arctic continental margin of eastern Siberia. *The Geology of North America*, v. L. The Arctic Ocean Region. Eds. A. Grantz. L. Johnson, J.F. Sweeny. The Geological Society of America, 1990. p. 289-304.

Gramberg I.S., Kos'ko M.K., Pogrebitskiy Yu.E. *Tektonicheskaya evolyutsiya arkticheskikh shel'fov Sibiri v rifee - mezozoe* [Tectonic evolution of the Arctic shelf of Siberia during the Riphean – Mesozoic time]. *Sov. Geologiya*, 1986, no. 8, p. 60-72.

Gramberg I.S., Kulakov Yu.N., Pogrebitskiy Yu.E., Sorokov D.S. *Arkticheskii neftegazonosnyy superbasseyn* [Arctic oil and gas super basin]. *Neftegazonosnost' Mirovogo okeana*. Leningrad: PGO «Sevmorgeologiya», 1984, p. 7–21.

Grantz, A., Clark, D.L., Phillips, R.L., Srivastava, S.P., Blome, CD., Cray, L.B., Haga, H.,

Mamet, B.L. McIntyre, D.J., Mcneil, D.H., Mickey, M.B., Mullen, M.W., Murchey, B.I., Ross, C.A., Stevens, C.H., Silberling, N.J., Wall, J.H., Willard, D.A., 1998. Phanerozoic stratigraphy of Northwind Ridge, magnetic anomalies in the Canada basin, and the geometry and timing of rifting in the Amerasia basin, Arctic Ocean. *Geological Society of America Bulletin*, 110, p. 801-820. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1998\)110<0801:PSOARM>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1998)110<0801:PSOARM>2.3.CO;2)

Hinz, K., O. Eldholm, M. Block, and J. Skogseid (1993), Evolution of the North Atlantic volcanic margins, in *Petroleum Geology of Northwest Europe: Proceedings of the 4th Conference*, edited by J.R. Parker, p. 901-913, Geol. Soc, London.

Kaban'kov V.Ya., Andreeva I.A. *Geologiya oblasti Tsentral'no-Arkticheskikh podnyatiy po rezul'tatam izucheniya donno-kamennogo materiala* [Geology of the Central Arctic uplift area on the basis of the hard bottom study]. *Geologiya polyarnykh oblastey zemli: materialy XLII Tektonicheskogo soveshchaniya*. Vol. 1, Moscow: Izd-vo GEOS, 2009, p. 237-240.

Katkov S.M., Miller E.L., Toro Kh. *Vozrast deformatsionnykh struktur Anyuysko-Chukotskoy skladchatoy sistemy (Vostochnaya Arktika)* [Age of deformational structures of Anyui-Chukotka folded system (Eastern Arctic)]. *Geologiya polyarnykh oblastey zemli: materialy XLII Tektonicheskogo soveshchaniya*. Vol. 1, Moscow: Izd-vo GEOS, 2009, p. 264-266.

Kim B.I., Yashin D.S., Suprunenko O.I., Evdokimova N.K., Verba V.V., Kharitonova L.Ya. *Fundament i osadochnyy chekhol shel'fa Vostochno-Arkticheskikh morey Rossii* [Basement and sedimentary cover of the East Arctic seas shelf of Russia]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta. Seriya 7. Geologiya, Geografiya*, 2006, vol. 4, p. 104-106.

Kopylova T.N., Pol'kin Ya.I., Ditmar A.V. *Geologicheskie predposylki neftegazonosnosti shel'fa Chukotskogo morya* [Geological background of petroleum potential of the Chukchi Sea shelf]. In: *Geologiya shel'fa Vostochno-Sibirskikh morey*, Leningrad: NIIGA, 1976, p. 104-114.

Kos'ko M.K., Andreeva I.A., Butsenko V.V., Grikurov G.E., Ivanov V.L., Kaban'kov V.Ya., Suprunenko O.I., Trukhalev A.I. *Tektonika Elmsirsko-Chukotskogo paleoshel'fa (zapadnaya chast' Ameraziyskogo basseyna, Severnyy Ledovityy okean)* [Tectonics of the Ellesmerian Chukchi paleoshelf (western part of the Amerasian Basin, the Arctic Ocean)]. *Geologiya polyarnykh oblastey zemli: materialy XLII Tektonicheskogo soveshchaniya*. Vol. 1, Moscow: Izd-vo GEOS, 2009, p. 302-305.

Morozov A.F., Petrov O.V., Shokal'skiy S.P., Kashubin S.N., Kremenetskiy A.A., Shkatov M.Yu., Kaminskiy V.D., Gusev E.A., Grikurov G.E., Rekant P.V., Shevchenko S.S., Sergeev S.A., Shatov V.V. *Novye geologicheskie dannye, obosnovyuyushchie kontinental'nyuyu prirodu oblasti Tsentral'no-Arkticheskikh podnyatiy* [New geological evidence for the nature of the continental area of the Central Arctic uplifts]. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, 2013, no. 3, p. 34-55.

Sherwood K.W., J.D. Craig, L.W. Cooke, R.T. Lothamer, P.P. Johnson, S.A. Zerwick, J. Scerr, B. Herman, D. McLean, S. Haley, J. Larsen, J. Parker, R. Newman, A. Comer, S.M. Banet, S.B. Hurlburt, P. Sloan, G. Martin, W.I. Horowitz. Edited by K.W. Sherwood. *Undiscovered Oil and Gas Resources, Alaska Federal Offshore. As of January 1995*. U.S Department of the Interior Mineral Management Service, Alaska OCS Region. Anchorage, Alaska, (OCS Monograph MMS 98-0054) 1998, 382 p.

Sherwood K.W., Johnson P.P., Craig J.D., Zerwick S.A., Lothamer R.T., Thurston D.K., Hurlbert S.B. *Structure and Stratigraphy of the Hanna Trough, U.S Chukchi Shelf, Alaska. Tectonic Evolution of the Bering Shelf-Chukchi Sea-Arctic Margin and Adjacent Landmasses*. Edited by E.L. Miller, A. Grantz, and S.L. Klemperer. *The Geological Society of America Special Paper 360*, 2002, p. 39-66.

Shipel'kevich Yu.V., Burlin Yu.K. *Tektonicheskoe sootnoshenie sedimentatsionnykh basseynov na Chukotsko-Alyaskinskom shel'fe i perspektivy ikh neftegazonosnosti* [Tectonic ratio of sedimentary basins on the Alaska-Chukotka offshore and oil and gas potential prospects]. *Dokl. RAN*, 2003, vol. 391, no. 3, p. 368-372.

Tal'virskiy D.B. *Tektonika Enisey-Khatangskoy neftegazonosnoy oblasti i sopredel'nykh territoriy po geofizicheskim dannym* [Tectonics of the Yenisei-Khatanga petroleum region and

adjacent areas on the basis of geophysical data]. Moscow: Nedra, 1976, 168 p.

Thurston, D.K., Theis L.A. Geologic report for the Chukchi planning area, Alaska. Regional geology, petroleum geology, and environmental geology. US Department of the Interior MMS, Alaska OSC Region, Anchorage, Alaska, 1987, 193 p.

Til'man S.M., Bogdanov N.A., Byalobzheskiy S.G., Chekhov A.D. *Ostrov Vrangelya* [Wrangel Island]. Geologiya SSSR, vol. XXVI. Ostrova Sovetskoy Arktiki, Moscow: Nedra, 1970, p. 377-404.

Vernikovskiy V.A., Morozov A.F., Petrov O.V., Travin A.V., Kashubin S.N., Shokal'skiy S.P., Shevchenko S.S., Petrov E.O. *Novye dannye o vozraste doleritov i bazal'tov podnyatiya Mendeleeva: k probleme kontinental'noy kory v Severnom Ledovivol. okeane* [New data about the dolerite and basalt of Mendeleev uplift: concerning the continental crust in the Arctic Ocean]. Doklady RAN, 2014, vol. 454, no. 4, p. 431–435.

Vinogradov V.A., Gaponenko G.I., Rusakov N.M., Shimaraev V.N. *Tektonika Vostochno-Arkticheskogo shel'fa SSSR* [The tectonics of the East Arctic shelf of the USSR]. Leningrad: Nedra, 1974, 142 p.

Vol'nov D.A., Litinskiy V.A. *Strukturno-tektonicheskoe raynirovanie akvatoriy shel'fovykh morey Laptevykh i Vostochno-Sibirskogo* [Structural and tectonic zonation of the offshore waters of the Laptev and East Siberian seas]. In: *Geologiya shel'fa Vostochno-Sibirskikh morey*, Leningrad: NIIGA, 1976, p. 8–22.

© Берба М.И., 2016