

УДК 551.242:551.53(268)

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ОСАДОЧНЫХ БАССЕЙНОВ В ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА ЧУКОТСКОГО МОРЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

© 2006 г. Ю. К. Бурлин¹, Ю. В. Шипелькевич²

¹Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 119899, Москва, Воробьевы горы

²ВНИИОкеангеология, 190121, Санкт-Петербург, Английский проспект, 1

Поступила в редакцию 16.08.2004 г.

В статье рассматривается история формирования осадочных бассейнов преимущественно в западной части шельфа Чукотского моря с учетом соседних участков американской акватории и Северной Аляски на основе имеющихся материалов и публикаций по данному району. На основе проведенного анализа выделены основные структурно-вещественные комплексы, отвечающие этапам развития выделенных в этом районе тектонических элементов, показана перестройка структурного плана, произошедшая в связи с формированием Канадской котловины, что послужило причиной возникновения Северо-Чукотского прогиба. Интенсивное погружение этого прогиба и накопление большого объема осадков, в свою очередь, способствовало появлению Врангелевско-Геральдской зоны инверсионных компенсационных поднятий, образовавшихся в местах депоцентров накопления отложений более раннего возраста. Завершение наиболее активной фазы инверсии и складкообразования связывается с концом альбского времени. Несогласие, маркирующее эти процессы, “срезает” структурные формы в более древних отложениях. Поднятия, возникшие во время инверсии, продолжали и впоследствии испытывать воздымание. Произведенный анализ материала позволяет по-новому определить своеобразие строения и эволюцию структур рассматриваемого района. В процессе развития в осадочных бассейнах с повышенной мощностью отложений существовали благоприятные условия для генерации углеводородов и формирования зон нефтегазоаккумуляции. Существование крупных поднятий, протяженных зон выклинивания и стратиграфических несогласий на бортах прогибов и склонах поднятий являются благоприятными факторами для формирования скоплений углеводородов. Вероятные продуктивные горизонты предполагаются в слоях, параллелизуемых с неом-аптской толщей в разрезе Аляски, заключающей месторождения нефти и газа. В пределах Врангелевско-Геральдской инверсионной зоны к поверхности дна могут быть приближены верхнепалеозойские и нижнемезозойские отложения, являющиеся основными нефтегазоносными объектами на Аляске. Сделанные выводы могут быть учтены при пересмотре ресурсов шельфа всего Чукотского моря, на их основе в настоящее время намечаются несколько участков с высокими перспективами нефтегазоносности в российском секторе моря.

ВВЕДЕНИЕ

Прогибы в российском секторе Чукотского моря (Северо-Чукотский, Куваева, Южно-Чукотский – восточное его продолжение в американской акватории носит название бассейн Хоуп) выполнены мощными толщами осадочных пород. Реконструкция истории развития осадочных бассейнов, расположенных на шельфе Чукотского моря, имеет большое значение для оценки перспектив их нефтегазоносности. В статье рассматриваются два первых из названных прогибов. В формировании их в соответствии с особенностями развития региона выделяется несколько этапов. Большинство исследователей в настоящее время предполагают, что в сопряженных полярных областях восточного и западного полушарий существовала континентальная структура. Н.С. Шатский [15] выделил ее как Гиперборею-

скую платформу, существовавшую в конце докембрия и начале палеозоя. Позже Ю.М. Пушаровский [12] более значительную площадь Американо-Чукотского сектора рассматривал как континентальное образование с докембрийским основанием. Позже, в связи с распадом суперконтинента Родиния, частью которого по предположению В.Е. Хаина [14] это образование являлось, Американо-Чукотский регион испытывал неоднократные преобразования. После деструкций неопротерозойского времени происходило формирование складчатого пояса, в состав которого вошли районы нынешнего о. Врангеля и, возможно, Северной Аляски. В конце венда – раннем кембрии пояс замкнулся. С конца девона на Северной Аляске и в Канадском Арктическом архипелаге проявилась элсмирская стадия каледонской фазы тектогенеза. Созданные на этом этапе структуры проявляются и в современных тектонических формах. Высокая тектониче-

ская активность последующих мезозойских и кайнозойских этапов развития вызвала существенную перестройку структуры осадочных толщ на шельфе Чукотского моря, образование Северо-Чукотского прогиба и Врангелевско-Геральдской инверсионной зоны. Решение вопросов о перспективах нефтегазоносности тесно связано как с особенностями тектонических форм, так и с характером отложений осадочных бассейнов. Известно, что на севере Аляски в пределах сводового поднятия Барроу и на его склонах имеются зоны поднятий, выклинивания и стратиграфического срезания благоприятные для нефтегазонакопления. Проанализированный материал дает возможность выделить благоприятные зоны и конкретные участки для возможного нефтегазонакопления также на бортах Северо-Чукотского прогиба и прогиба Куваева. Эти зоны связаны с наличием крупных поднятий, а также с размывами и перерывами осадконакопления. Есть основание высказать предположение о том, что формирование некоторых поднятий связано с явлениями начального диапиризма. Для выводов о возможном возрасте и составе пород необходимо было проведение сопоставлений с аляскинским разрезом, а также учет имеющихся сведений о составе обломков пород, поднятых при отборе проб донных образований, на основе предположений о близости осадочных пород с толщами, заключающими продуктивные нефтегазоносные горизонты на Аляске, делается вывод о наличии по меньшей мере двух нефтегазоносных комплексов в условиях доступных для бурения в российской части шельфа Чукотского моря.

Анализ и обобщение геолого-геофизических материалов

Шельф Чукотского моря вызывает интерес в связи с необходимостью оценки его углеводородного потенциала. Предположительно высокая оценка этого потенциала, данная в работах [3–5, 10] и др., определяется размерами, мощностью чехла и характером толщ, слагающих бассейны.

По представлениям многих авторов: Шатский [15], Пущаровский [12], Гранц и др. [19], Шервуд, Тейлер [26], Торстон, Тейсс [27], [28], Хаин [14], Каминский и др. [7], Богданов [2, 3] – район сочленения Чукотки и Аляски входил в состав крупного континентального блока с докембрийским фундаментом – Гиперборейская платформа Шатского или “суперконтинент” по Шервуду [26], который в конце каледонской фазы тектогенеза подвергся раздроблению. Чукотский аваншельф (выступ) и расположенный восточнее, субмеридионально вытянутый хребет Нортвинд (рис. 1) представляют собой фрагменты этого блока.

Отложения нижних частей разреза в западной, российской части шельфа Чукотского моря мож-

но охарактеризовать, опираясь на стратиграфическое описание пород, обнажающихся на острове Врангеля, приведенное в книге “Остров Врангеля...” [11], вышедшей под редакцией М.К. Косько и В.И. Ушакова. Это можно делать на основе предположения о том, что район о. Врангеля также входил в состав общего континентального блока, и только в мезозое отложения были интенсивно дислоцированы. Здесь на поверхности выходят породы от докембрийских до триасовых, участвующие в образовании тех структур, которые были сформированы в результате мезозойского тектогенеза. Наиболее древними являются образования *врангелевского комплекса*, возраст которых определяется в интервале от 855 до 688 млн. лет. Комплекс сложен сильно дислоцированными сланцами, метаморфизованными песчаниками и конгломератами с пластами карбонатных пород. Осадочные породы вмещают интрузивные тела гранитоидов и базитов. Выше залегают отложения среднего палеозоя, возраст которых определен в интервале поздний силур – ранний девон. Это преимущественно терригенные породы, в нижней части существенную роль играют карбонаты. Вышезалегающие более молодые девонские отложения мощностью не менее 700 м, представленные песчаниками и сланцами, залегают как на верхнесилурийских-нижнедевонских, так и на породах врангелевского комплекса. Имеющиеся в разрезе конгломераты включают обломки “врангелевских” пород [22]. Нижнекаменноугольные отложения (турне и визе) мощностью до 350 м, представленные терригенными и карбонатными разностями, содержащими эвапориты, залегают на девонских отложениях с разрывом. Более молодые каменноугольные отложения мощностью до 1400 м, относящиеся к визейскому, башкирскому и московскому ярусам, представлены карбонатами с подчиненным количеством алевритовых и глинистых пород. Пермские отложения представлены сланцами и известняками с песчаниками, грубообломочными и кремнистыми породами общей мощностью до 1250 м. Триасовая толща мощностью до 2000 м (карнийский и норийский ярусы), сложенная терригенными породами, образующими флишеподобное переслаивание, залегают на различных горизонтах пермских, каменноугольных и, возможно, более древних отложений. Все перечисленные отложения, обнажающиеся на о. Врангеля, дислоцированы и смяты в крутые складки, надвинутые к северу. Но в менее напряженных условиях, возможно, породы верхних частей врангелевского разреза могут участвовать в строении разреза осадочных бассейнов, расположенных в пределах современного шельфа Чукотского моря.

Разрез о-ва Врангеля может быть сопоставлен (рис. 2) с нижней частью разреза Северной Аляски (возраст всех выделенных подразделений и об-

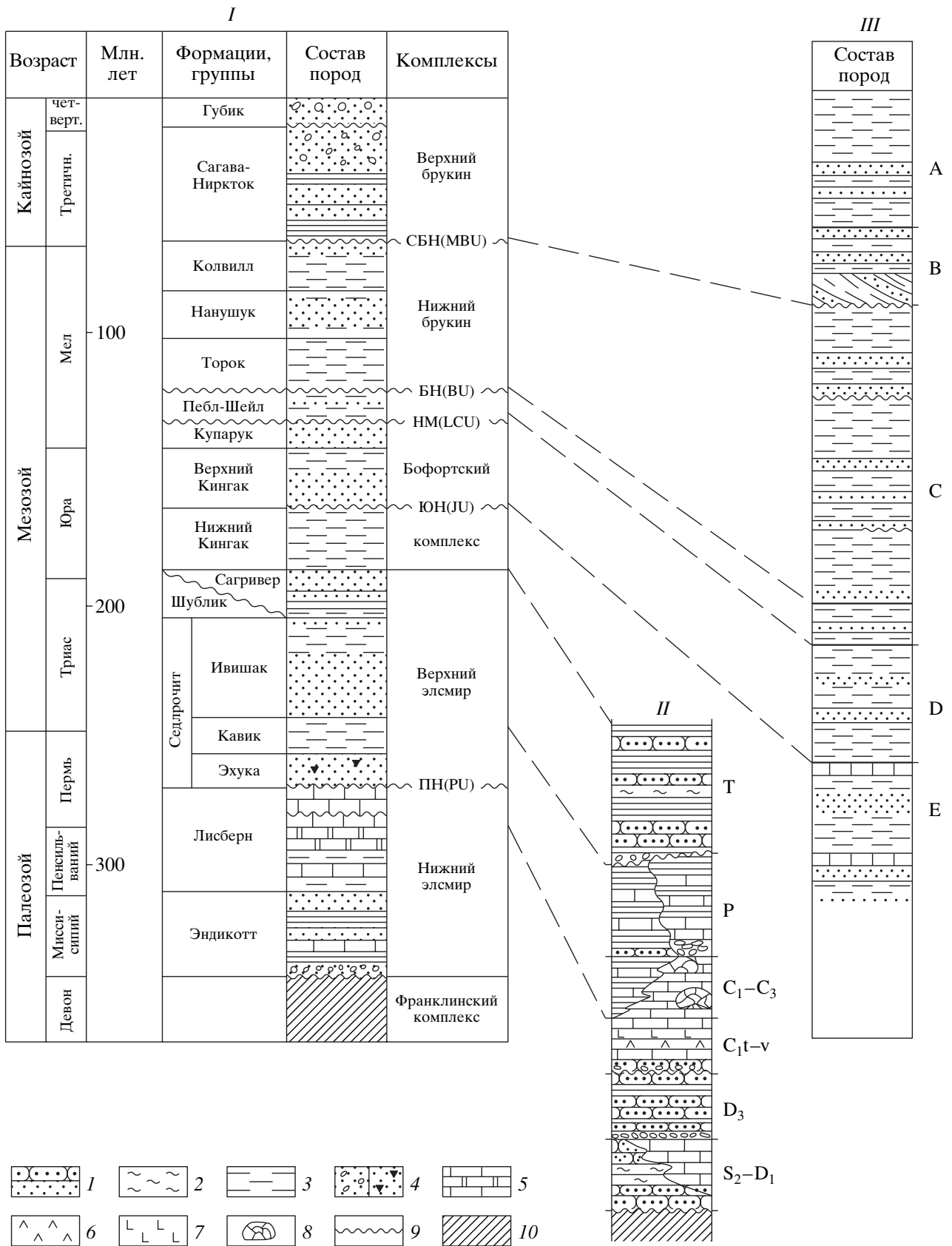


Рис. 2. Схематические стратиграфические разрезы отложений в северо-западной части Аляски (I) и сопоставление с разрезом о. Врангеля (II), предполагаемым разрезом Северо-Чукотского прогиба (III)

I – песчаные породы; 2 – алевритовые породы; 3 – глинистые породы; 4 – грубообломочные породы; 5 – карбонатные породы; 6 – эвапоритовые породы; 7 – вулканические породы; 8 – рифовые массивы; 9 – перерывы и несогласия; 10 – интенсивно дислоцированные отложения. Сокращения на схеме: СБН (МВU) – среднебрукинское несогласие, БН (ВU) – брукинское несогласие, НМ (LCU) – нижнемеловое несогласие, ЮН (JU) – юрское несогласие, ПН (PU) – пермское несогласие. А–Е – буквенные обозначения сейсмокомплексов на колонке, соответствующих: А – верхнему брукину, В – выполняющим неровности после перерыва, С – нижнему брукину, D – отложениям между брукинским и юрским несогласиями, E – отложениям ниже юрского несогласия

раллелизуются с зо-элсмиром. Прогибы Куваева и Ханна в своих северных частях разделяются приподнятым Срединным Чукотским выступом (в американских публикациях платформа), а южнее – Чукотско-Аляскинской областью поднятий. Нижняя часть разреза прогиба Ханна, по мнению авторов [21], представлена элсмирскими отложениями мощностью до 7–8 км, в западном направлении она сокращается. Осевая зона прогиба Ханна в северной части изменяет свое направление [11]. Возможно, прогиб ограничен западным продолжением сводового поднятия Барроу, протягивающемся вдоль северного побережья Аляс-

ки. По верхним горизонтам он может сливаться с молодой субширотной структурой – Северо-Чукотским прогибом, дискордантно сочленяющимся с прогибом Куваева более древнего заложения, в котором тоже можно предположить присутствие какой-то части палеозойского разреза. В соответствии со схемами некоторых исследователей [11] Северо-Чукотский прогиб не выделяется отдельно, а рассматривается как часть прогиба Вилькицкого.

Вышележащая часть палеозойского разреза выделяется как группа Лисбурн, представленная карбонатными и глинистыми породами, в нижней

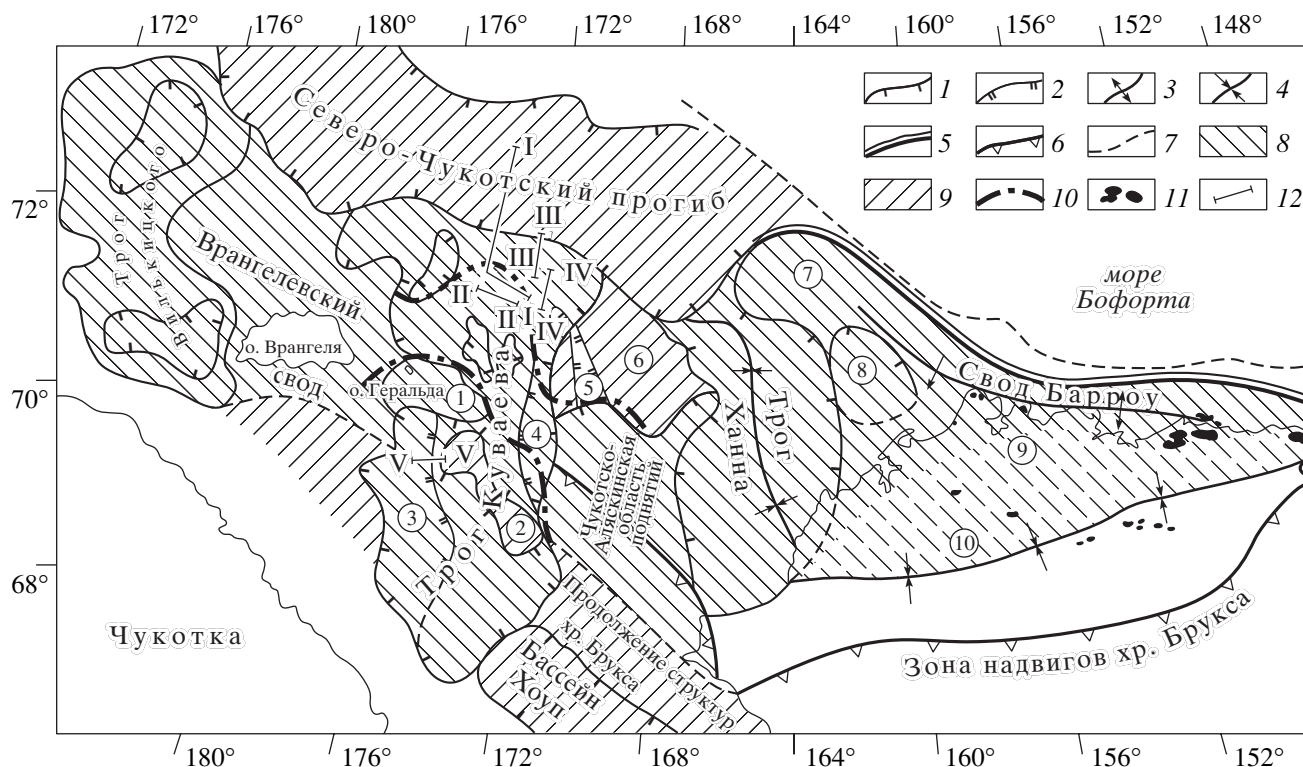


Рис. 3. Тектоническая схема поверхности акустического фундамента и основных структурных элементов в Чукотском море

1 – границы прогибов и поднятий; 2 – границы грабенов; 3 – оси положительных структур; 4 – оси отрицательных структур; 5 – крупные разломы; 6 – надвиги; 7 – край шельфа; 8 – области с доэлсмирским фундаментом; 9 – области с добрукинским фундаментом; 10 – зона наибольшей инверсии; 11 – нефтяные месторождения; 12 – линии сейсмических и геологических профилейных разрезов I–V. Цифры в кружках. Поднятия: 1 – Геральда, 2 – Центрально-Чукотское; грабены: 3 – Южно-Чукотский, 4 – Центрально-Чукотский, 5 – Северо-Чукотский; 6 – Срединный Чукотский выступ, 7 – Северо-Чукотское поднятие, 8 – Северовосточный Чукотский бассейн, 9 – бассейн Арктического склона, 10 – Колвиллский прогиб

части присутствуют конгломераты. Возраст этих пород определяется как позднемиссисипский, пенсильванский и пермский. Они имеют более широкое, но тоже не повсеместное развитие. Мощность пород группы Лисбурн достигает 2 км. В пределах свода Барроу, ввиду отсутствия отложений группы Эндикотт, породы группы Лисбурн несогласно перекрывают складчатое основание.

Верхнеэлсмирский подкомплекс, отделенный от подстилающих пермским перерывом (Permian Unconformity – PU), распространен шире. Он включает группу Седлрочит пермо-триасового возраста, в которую входят формации (свиты) Эхука, Кавик и Ивишак. Формация Эхука сложена преимущественно обломочными, в меньшей степени глинистыми разностями. На побережье моря Бофорта в разрезе свиты присутствуют флювиальные и дельтовые песчаниками и конгломераты. Выше глинистых пород формации Кавик залегают обломочные породы формации Ивишак ранне-среднетриасового возраста, сходные по характеру с отложениями формации Эхука. Мощность отложений группы Седлрочит достигает 700 м.

Песчаные породы вышележащей формации Шублик познетриасового возраста мощностью около 200 м преимущественно дельтового происхождения являются основным резервуаром нефти на крупнейшем месторождении Прадо-бей. В этой же толще присутствуют уплотненные глины богатые органическим веществом.

На восточном склоне Срединного Чукотского выступа многие части разреза верхнего элсмита отсутствуют (срезаются), и более молодые отложения верхней юры залегают на породах формации Эхука пермского возраста [28]. Ряд авторов [9, 25] на основе палеорекопструкций, выполненных по сейсмическим данным, полагают, что отложения позднеэлсмирского возраста распространены в прогибе Куваева, где они могут достигать значительных мощностей (более 6 км). Основным источником сноса материала для формирования этих отложений располагался на севере. Об этом косвенно может свидетельствовать увеличение к северу дифференциации соответствующей части разреза, отмечающееся на сейсмопрофилях, что может быть связано с погребением материала в этом направлении. Представление о существовании континентального блока, служившего источником материала, было высказано Тейлером [26]. Возрастные аналоги элсмирского комплекса, возможно, присутствуют на южном борту Северо-Чукотского прогиба.

Вышезалегающие отложения юрского возраста выделяются под наименованием формации Кингак. Внутри этой толщи проходит юрское несогласие (Jurassic Unconformity – JU), которое связано с эрозией, отчетливо фиксируемой в разре-

зах скважин на склонах Срединного Чукотского выступа. В работе [23] и в более поздней публикации [22] подробно рассматриваются условия формирования этих отложений, выделяемых под именем *бофортский комплекс*, который охватывает по возрасту интервал разреза от юры до конца неокома. В других работах отложения, сформировавшиеся на этом же этапе в грабенообразных прогибах рифтовых зон, выделяются в качестве рифтового комплекса (rift sequence). По возрастному объему отложений они несколько отличаются. Образование бофортского (или рифтового) комплекса связано с существенной перестройкой структуры и тектонического режима, причиной этого послужил рифтогенез и раскрытие Канадской котловины за относительно короткий период времени около 50 млн. лет.

Отложения формации Кингак отражают последовательные этапы рифтогенеза. Они разделяются на секвенции клиноформного характера, которые наслаиваются друг на друга, создавая в целом картину проградации этой толщи в южном направлении. Это связано с воздыманием севернее расположенного свода Брукса и его размывом. Нижне-среднеюрская преимущественно глинистая часть разреза (от геттангского до ааленского яруса), залегающая несогласно на подстилающих, по мнению авторов работ [22, 23], связана с предрифтовым этапом. Нижние погруженные части клиноформных секвенций, сложенные глинистыми разностями богатыми органическим веществом, сливаются в единую пачку нефтематеринских пород, разновозрастную в разных своих частях. Песчаные породы комплекса участвуют в строении литологически и стратиграфически экранированных ловушек, часть из которых содержит нефтяные залежи (месторождение Альпине и др.). Породы оксфорд-киммериджского возраста залегают выше поверхности юрского несогласия, они представлены преимущественно песчаниками и алевролитами, слагающими аккумулятивные тела. В вышележащей переходной части разреза выделяются два трансгрессивно-регрессивных цикла. Отложения валанжина-готерива накапливались во время компенсационного поднятия вала Барроу, совпадавшего по времени с наиболее активным раскрытием Арктического океанического бассейна. В составе этой части, верхние горизонты которой выделяются как слои Купарук, преобладают песчаные отложения, срезанные эрозией в краевой зоне шельфа. Суммарная мощность отложений формации Кингак достигает 1200 м. В российском секторе чукотского шельфа, как предполагают американские авторы [28], в состав рифтового комплекса входит только верхняя часть формации Кингак, выше юрского несогласия – JU, и с этого времени начинается формирование Северо-Чукотского прогиба как надрифтовой структуры. На южном борту прогиба отло-

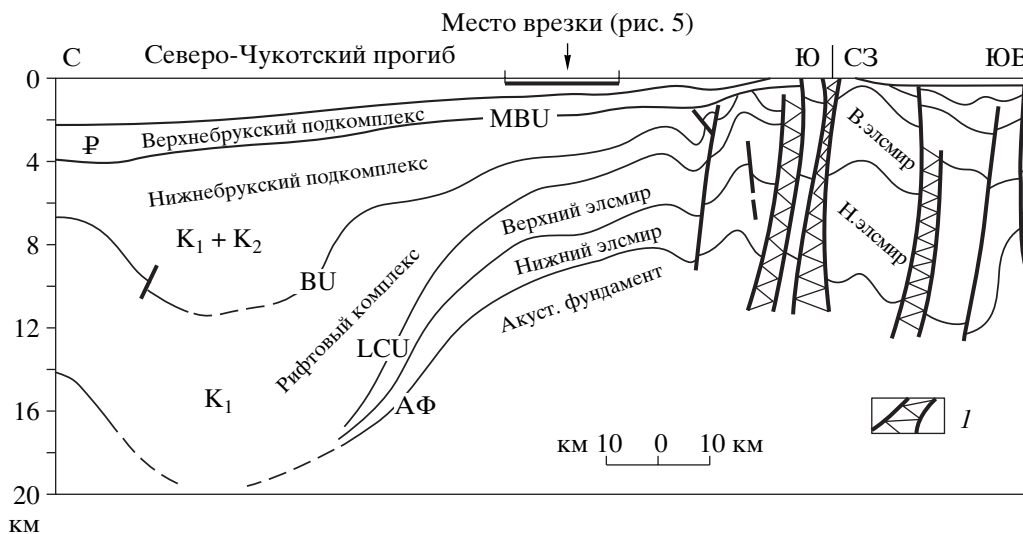


Рис. 4. Схематический геологический профиль через Северо-Чукотский прогиб по линии I-I (линия разреза см. на рис. 3) I – зоны отсутствия корреляции на сеймопрофилях (вероятные разломы). Буквенные индексы: АФ – акустический фундамент, ЛСУ – нижнемеловое несогласие; ВУ – брукинское несогласие, МВУ – среднебрукинское несогласие

жения комплекса выклиниваются и налегают на отложения элсмирского комплекса.

Отложения формации перекрыты несогласно с размывом залегающими выше нижнемеловыми отложениями свиты Пейбл Шейл. Перерыв, связанный с размывом и несогласием (Lower Cretaceous Unconformity – LCU), имеет широкое региональное развитие. Это несогласие уверенно выделяется на сейсмических профилях [10], оно датируется возрастом 130–125 млн. лет (по данным определения возраста в породах из скважин в американском секторе Чукотского моря). Срезанию подвергается не только рифтовый комплекс, но и подстилающие более древние породы. В Северо-Чукотском прогибе поверхность LCU погружается до глубин 16–17 км. Залегающие на размытой поверхности осадки свиты Пейбл Шейл имеют готерив-баррем-аптский возраст. После перерыва общая картина осадкообразования существенно изменилась. На юге началось воздымание горно-складчатых сооружений хребта Брукс и его возможного западного продолжения. Поступление терригенного вещества из северных источников не ощущается. В разрезе свиты на Аляске преобладают богатые органическим веществом глинистые породы, что может отражать углубление бассейна, связанное с тектонической перестройкой.

Отложения свиты Пейбл Шейл, а в некоторых местах и нижележащие породы в барремское время были срезаны брукинским несогласием (Brookian Unconformity – ВУ), выше которого залегают мощная толща *брукинского комплекса*. Интенсивное накопление его отложений происходило в Колвиллском и Северо-Чукотском прогибах. Брукский комплекс состоит из двух подкомп-

лексов. В составе нижнего брукина выделяется формация (свита) Торок и еще два стратиграфических подразделения – Нанушук и Колвилл, именуемые в американской литературе группами. Породы формации Торок альбского возраста по составу преимущественно глинистые, породы нижних горизонтов богаты органическим веществом. В разрезах, отражающих более мелководные условия образования, встречаются песчаные и более грубые породы. Общая мощность отложений изменяется от 400 до 3000 м. С подошвенной частью свиты Торок связано отчетливое несогласие (Low Albian Unconformity – LAU), другое несогласие прослеживается у кровли свиты.

Вышележащая группа Нанушак относится по возрасту к самым поздним этапам раннего и частично поздне мелового времени и представлена как терригенными морскими, так и прибрежно-морскими, и прибрежно-континентальными образованиями, включающими песчаники, конгломераты, пласты углей. Мощность отложений группы Нанушак в некоторых участках превышает 3000 м, к северу они уменьшаются и на некоторых поднятиях свода Барроу полностью размыты. Разрез нижнего брукина завершается песчаными и глинистыми отложениями группы Колвилл поздне мелового возраста. Глины этой группы иногда являются покрывками для подстилающих нефтеносных песчаников группы Нанушак. В нейтральной осевой части Колвиллского прогиба мощность отложений нижнего брукина превышает 8 км. В Северо-Чукотском прогибе породы подкомплекса слагают существенную часть разреза, их мощность достигает здесь 7–8 км (рис. 4). В южном направлении происходит сокращение мощности, что связано с наличием пере-

рывов, зон выклинивания и срезанием слоев нижнего брукина более молодыми отложениями на борту прогиба. Отложения нижнего брукина могут участвовать и в сложении разреза северной части прогиба Куваева, но в значительной мере эти отложения могут быть размыты вследствие среднебрукского перерыва (Middle Brookian Unconformity – MBU). Залегающая выше перерыва часть разреза (*верхний брукин*), включает кайнозойские отложения, несогласно залегающие на нижележащих. На сейсмических разрезах на южном борту Северо-Чукотского прогиба выше предполагаемого рубежа нижнего и верхнего брукина выделяются тела типа дельт, более молодые осадки верхнего брукина выполняют впадины, возникшие вследствие размыва подстилающих слоев. Начало верхнебрукского этапа осадкообразования датируется поздним палеоценом (61 млн. лет).

В разрезе верхнего брукина выделяется свита Сагаваниркток (по возрасту от палеоцена до плиоцена), представленная глинами, песками и конгломератами. Верхняя плиоцен-четвертичная часть разреза (свита Губик) сложена песками, гравием и алеритово-глинистыми осадками. Мощность отложений верхнего брукина увеличивается на шельфе.

О составе пород, слагающих разрез Северо-Чукотского прогиба и его обрамления, можно судить на основе изучения обломков пород, поднятых на ближайших к прогибу выступах дна (Чукотский аваншельф, хребет Нортвинд). При отборе проб грунта со дна на хребте Нортвинд в составе элювиально-делювиальных образований были подняты обломки различных осадочных пород [19]. Фрагменты осадочных, а также в меньшем количестве изверженных и метаморфических пород были подняты в донных пробах на полярной станции СП-31, а также при работах экспедиции “Арктика-2000”. Характеристика обломочных пород палеозойского и мезозойского возраста приводится в работах [6, 8]. Карбонатные породы (органогенные, оолитовые и кристаллически-зернистые известняки) содержат остатки фауны позднекембрийского, ранне- и позднеордовикского, каменноугольного и пермского возраста. Кроме того, среди обломков описаны алевриты, песчаники, кремнистые, глинистые и другие породы триасового, позднеюрского, предположительно апт-альбского, а также верхне-сеноман-туронского возраста. На хребте Нортвинд кроме осадочных пород были подняты обломки кислых эффузивов, лейкогранитов и диабазов. Осадочные породы, представленные в обломках, вероятнее всего образовались в условиях морского бассейна, существовавшего в тектонически стабильных (платформенных) условиях. Прежде всего это касается пород палеозойского

возраста, представленных преимущественно карбонатными разностями.

Сведения о геологическом строении шельфа Чукотского моря базируются на материалах сейсмических исследований, проведенных, главным образом, геологической службой США преимущественно в американском секторе моря [19, 20]. Для исследования были использованы сонобуи и проведены одноканальные и многоканальные сейсмопрофили. С учетом изменения пластовых скоростей А. Гранцем и другими [19] осадочные толщи были разделены на три части (sequences), соответствующие основным выше охарактеризованным комплексам – франклинскому, элсмирскому и брукинскому, различающимся по характеристике и углеводородному потенциалу.

Сейсмические наблюдения, выполненные в 1990 г. трестом “Дальморнефтегеофизика” с повышенной кратностью, покрывают практически всю российскую часть шельфа по сетке 20 × 20 и 40 × 60 км. Эти данные уже на первом этапе интерпретации позволили сделать некоторые новые заключения, опубликованные в работах [16, 17]. Специальная переинтерпретация этих данных позволила составить более детальное представление о строении осадочных комплексов и главных структурных элементов.

На сейсмических профилях в западной части шельфа Чукотского моря запечатлены, по крайней мере, три геологических события. В низах осадочного чехла наиболее ярко проявлено нижнемеловое стратиграфическое и угловое несогласие LCU. По материалам скважин в американском секторе оно датировано временем 125 млн. лет и совпадает с глобальным событием – началом цикла относительного изменения уровня моря – ОИУМ. Это несогласие является границей двух совершенно различных по своему строению и вещественному составу геологических толщ. Залегающая ниже несогласия толща параллелизуется с элсмирским комплексом, она более консолидирована, содержит слои плотных пород, в нижней части, возможно, карбонатных. На сейсмических разрезах она проявляется хорошо выраженными субпараллельными, но в целом не протяженными отражениями. Толща, залегающая над несогласием LCU, рассматривается как меловая нижнебрукская, ее возможные аналоги в разрезах скважин представлены преимущественно глинистыми породами. На сейсмических разрезах она выделяется как тонкослоистая, образующая пологие складки, нарушенные многочисленными малоамплитудными бескорневыми сбросами. А. Гранц и С. Мей высказывали предположение, что формирование нижней части брукинского разреза связано с первой стадией рифтинга, поэтому мощность ее сильно изменяется в пределах Северо-Чукотского бассейна.

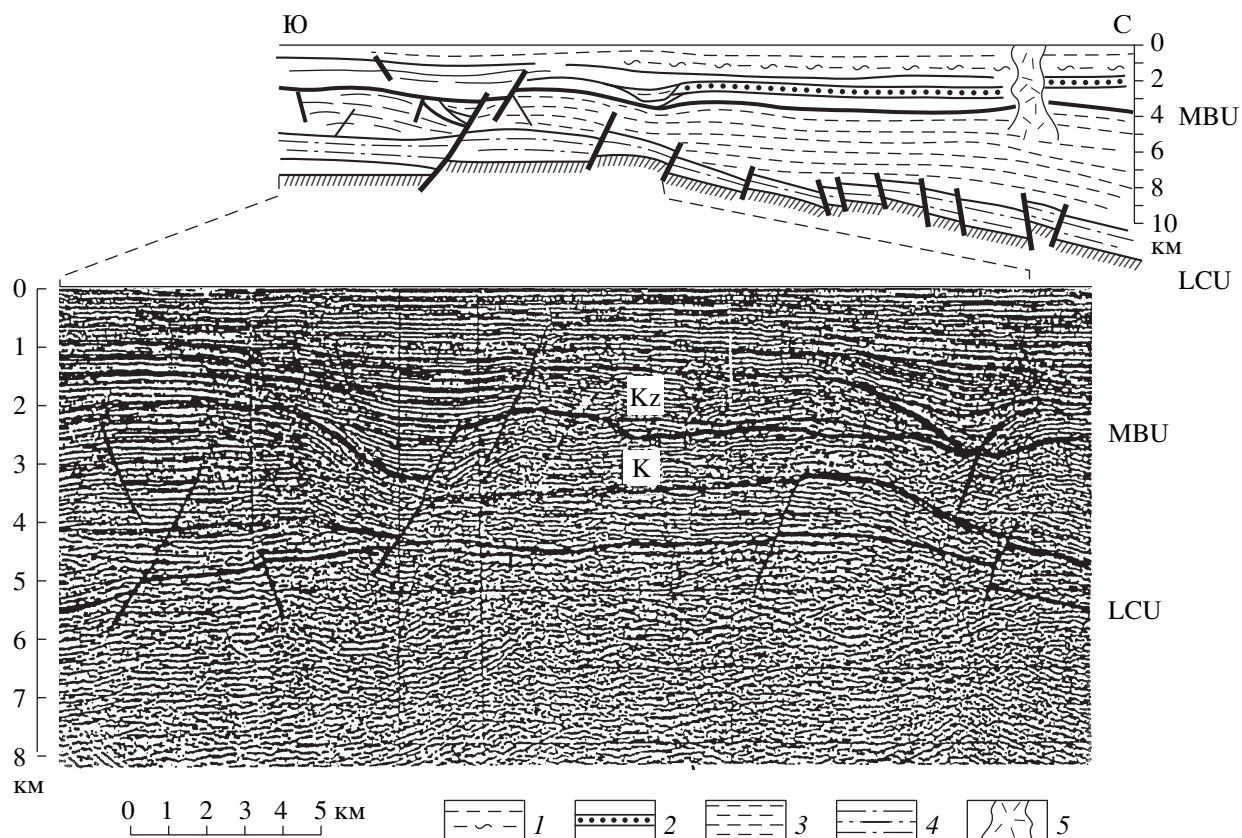


Рис. 5. Фрагмент геологического профиля и частично соответствующий ему фрагмент сейсмического профиля (местоположение – врезка на рис. 4)

1 – глины, алевролиты; 2 – песчаники; 3 – глины; 4 – переслаивание глин, песчаников; 5 – перемятые породы в зоне прорыва

Влияние рифтогенеза отразилось в образовании в пределах этой толщи разрывов листрического типа, по которым происходит смещение блоков с запрокидыванием [20].

Второе важное событие, произошедшее, по-видимому, на рубеже мела и палеогена (вторая стадия рифтинга по Гранцу и Мею) вызвало образование в меловой толще структурных форм, получивших из-за ветвящихся разрывов название “structural trees”, они образуются при компрессионном сжатии и выдавливании податливых масс. Третье событие, запечатленное на временных разрезах, связано с перерывом, которое в разрезах скважин американского сектора датировано поздним палеоценом (61 млн. лет), оно отражает изменение уровня океана (на шкале Вейла его возраст определяется в 59 млн. лет). На сейсмических профилях оно выделяется как классическая поверхность несогласия, срезающая нижележащие складки мелового возраста. Выше этой поверхности, которая на Аляске обозначается Middle Brookian Unconformity (MBU), залегает толща субпараллельных тонкослоистых осадков кайнозоя, не подверженная дислокациям и нарушениям.

Перечисленные разделы отражаются на всех сейсмических профилях через Северо-Чукотский прогиб. Для иллюстрации конкретных структур на рис. 5 приведен фрагмент профиля, местоположение которого указано на рис. 4. На разрезе выделены сейсмокомплексы [3], ограниченные четко прослеживаемыми границами. Нижняя граница, соответствующая скорее всего поверхности несогласия LCU, совпадает с кровлей толщи, характеризующейся “жесткими” отражениями, что может объясняться наличием консолидированных пород повышенной плотности. На поднятиях по бортам прогиба граница LCU срезается брукинским (BU) несогласием. Вышележащий сейсмокомплекс имеет наибольшую мощность, около 7 км, в осевой части Северо-Чукотского прогиба. В нем отмечается наличие блоков, ограниченных разломами, и грабенообразных структур. Можно предположить, что в разрезе комплекса преобладают терригенные, преимущественно глинистые, породы. С этой толщей и связаны отражающиеся на сеймопрофилях прорывы глинистых масс (и флюидов) сквозь вышележащие толщи вплоть до современных. Пластичные глинистые породы также слагают ядра диапировых складок, отмеча-

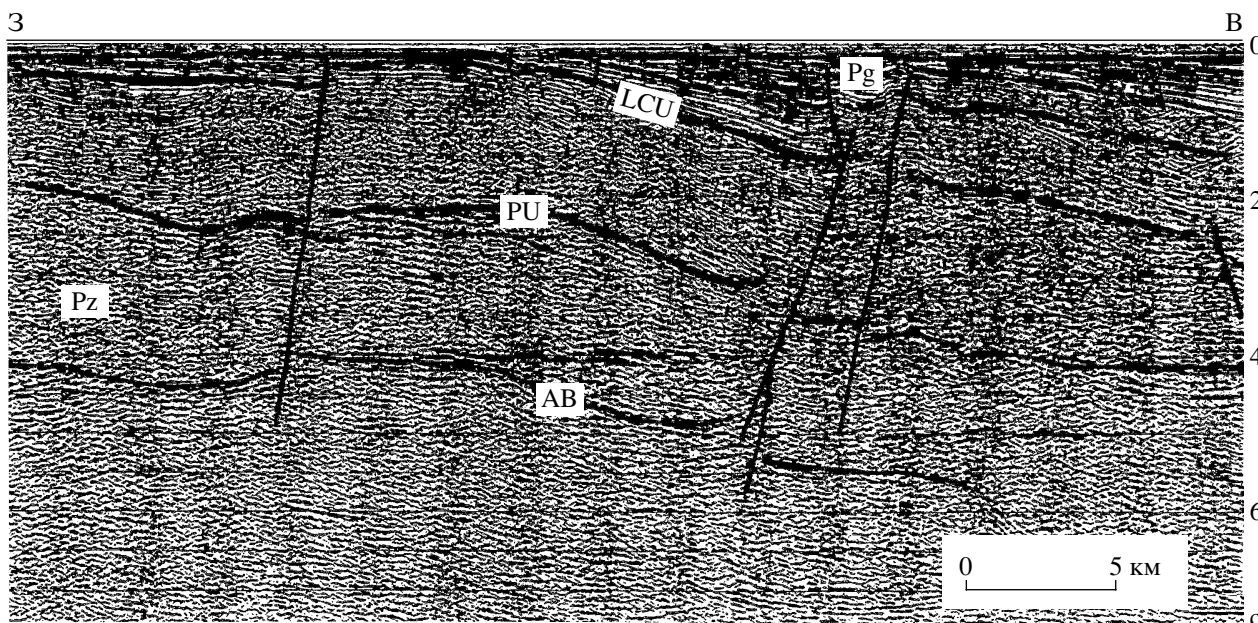


Рис. 6. Фрагмент сейсмического разреза по линии П-П (положение см. на рис. 3). АВ – акустический фундамент; PU – пермское несогласие, LCU – нижнемеловое несогласие

емых на сеймопрофилях. Диapiroвые структуры описаны и в других осадочных бассейнах этого же региона примерно в сходных условиях. Они хорошо изучены, например, в бассейне Бофорт-Маккензи, где глинистые породы низов палеоцена и верхнего мела слагают ядра диапиров [18].

В верхних горизонтах среднего сейсмокомплекса на рассматриваемом фрагменте профиля вырисовываются два крупных поднятия. Амплитуда более южного из них составляет примерно 1,2 км, протяженность по линии профиля более 8 км. Более северное поднятие характеризуется примерно такой же амплитудой и протяженностью более 10 км, с юга оно срезано разрывом. Средний сейсмокомплекс срезан перерывом, выделяющимся как среднебрукинское несогласие (МВU). Хорошо видные врезы, образованные во время перерыва осадконакопления, заполнились затем осадками, в том числе, возможно, дельтового происхождения. Как видно на приведенном на рис. 5 сеймопрофиле, эрозионные врезы разделяют упомянутые поднятия, которые не отражены в нижележащих горизонтах. По-видимому, их образование связано с нагнетанием пластических масс в относительно ослабленные зоны вследствие неравномерной нагрузки, это своего рода складки выдавливания. Можно предположить, что здесь имеются элементы зачаточного диапиризма. Вышележащие самые молодые слои верхнего сейсмокомплекса (верхнебрукинский подкомплекс?) залегают полого и плащеобразно перекрывают подстилающие отложения. Предположительно, основная часть осадочных толщ Северо-Чукот-

ского бассейна соответствуют по возрасту брукинскому комплексу в разрезе Аляски, а в нижней части возможно присутствие рифтового комплекса.

Накопление огромной более 16 км мощности осадков в Северо-Чукотском надрифтовом прогибе могло совместно с другими причинами инициировать первую фазу важнейшего тектонического события – образование зоны инверсионных поднятий (см. рис. 2 и 4), которая протягивается от о. Врангеля на о. Геральда и далее на юго-восток через область Чукотско-Аляскинских поднятий в направлении мыса Лисбурн на расстояние около 2000 км. Максимальное развитие инверсионных структур, наибольшие их амплитуды отмечаются в пределах этой зоны над участками максимальных (до 8 км) мощностей осадков, накопившихся в ранее существовавших бассейнах элсмирского времени. В пределах же устойчивых стабилизированных блоков инверсионные структуры выражены слабо.

Складчатые структуры, возникшие в пределах Врангелевско-Геральдской зоны, при подъеме подвергались существенной эрозии, происходившей в конце альбского времени в интервале 98–90 млн. лет. Они явились источниками сноса обломочного материала, накопившегося в Северо-Чукотском прогибе, где осадконакопление имело характер лавинной седиментации с аномально высокими темпами (до 1500 единиц Бубнова). Процессы воздымания и тектонического оживления в зоне инверсионных поднятий происходили и позже, в интервале 63–59 млн. лет, около 30 млн. лет, о чем свидетельствуют обширные области

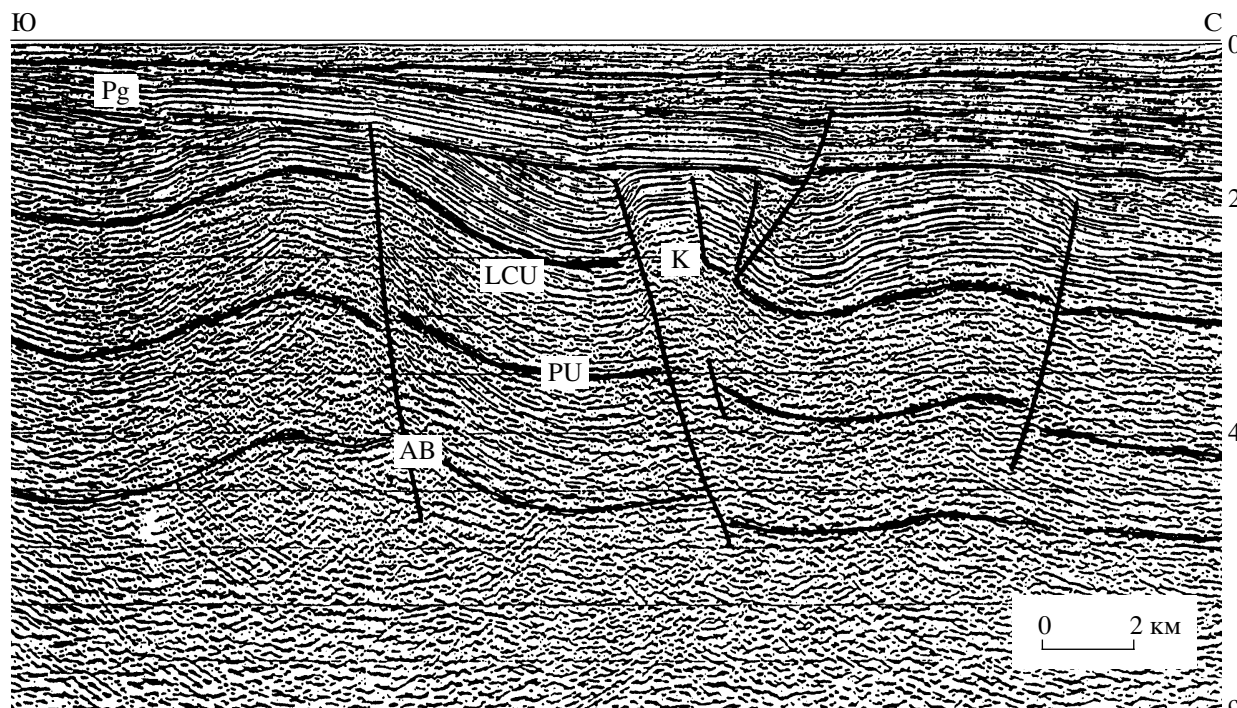


Рис. 7. Фрагмент сейсмического разреза по линии III–III (положение см. на рис. 3). Буквенные обозначения те же, что и на рис. 7

К – верхний мел; MBU – среднебрукинское несогласие

эрозии в осевой зоне инверсионных поднятий, в результате чего в ряде случаев кровля элсмирской толщи приближена к поверхности дна и может даже срезаться кайнозойскими отложениями (рис. 6). На профилях, пересекающих Врангелевско-Геральдскую зону, можно наблюдать смятие в складки практически всей толщи осадочного чехла. На сейсмопрофилях видно, что нарушения затронули и поверхность акустического фундамента (рис. 7). Эти процессы обусловили интенсивные дислокации на о. Врангеля; формирование надвигово-чешуйчатых форм, по-видимому, здесь происходило в несколько этапов, наиболее существенное значение имели позднемезозойские деформации [24].

В восточной части Врангелевско-Геральдской зоны отмечаются деформации в верхних частях разреза. Они, возможно, связаны со смещениями в глинистой толще свиты Торок, породы которой находятся в перенапряженном состоянии. Аномально высокие пластовые давления (АВПД) установлены в разрезах скважин, пробуренных на северо-западном побережье Аляски и в американском секторе шельфа Чукотского моря [26]. Верхняя кромка АВПД находится на глубине около 2400 м в районе восточного склона Среднего Чукотского выступа, к югу поверхность зоны АВПД поднимается до глубин 1310–1170 м. Возможность подобного эффекта роста напря-

жения и повышения давления в процессе инверсии и смятия крупных осадочных масс упоминается в работе В.Е. Хаина [13]. Для создания АВПД имеет значение также и генерация флюидов в глинистых отложениях, обогащенных органическим веществом.

Исследователи [1, 2, 6, 8, 18 и др.], анализирувавшие геологическое строение Аляски и смежных областей, устанавливают несколько этапов в развитии данного региона. Время накопления элсмирского комплекса характеризовалось платформенным режимом, в позднеэлсмирское время бассейн расширил свои границы. В работе [8] в качестве существенного для Северо-Чукотского бассейна выделяется рифтовый этап в поздней юре и раннем мелу. К концу юры закончилось формирование элсмирской толщи. Этап интенсивного рифтогенеза отразился в юрском несогласии, рифтогенез в это время продвигается в западном направлении, закладывается основа Северо-Чукотского прогиба. Произошедшее затем в начале мелового периода понижение уровня Мирового океана привело к размыву и формированию поверхности нижнемелового регионального несогласия LCU. Это существенный рубеж, в последовавший за этим относительно короткий период времени (10–15 млн. лет) произошла существенная перестройка регионального тектонического режима. Продолжается развитие рифтовых

структур, а над ними начинается быстрое формирование Северо-Чукотского прогиба. Эта перестройка привела к изменению направления перемещения вещества – стока с севера на сток с юга. Возникновение структуры севернее о. Врангеля, имеющей характер периокеанической, является отражением образования океанической котловины. Как уже говорилось, накопление огромной мощности осадков способствовало активизации разломной тектоники и образованию зоны инверсионных поднятий. Обломочный материал для верхней части рифтового комплекса поступал за счет размыва растущих структур в этой зоне. Накопление отложений комплекса завершается в связи с общим поднятием и перерывом, выраженным брукинским несогласием – ВU.

Вышезалегающий нижнебрукинский комплекс, сложенный в основном глинистыми отложениями нижнего мела, начал формироваться в условиях относительного тектонического покоя. В средней и южной частях шельфа существовали перерывы в осадконакоплении. Основной объем этих отложений, до 7–8 км, сосредоточен в Северо-Чукотской впадине.

К концу альба завершилось формирование основного объема осадков в Северо-Чукотском прогибе. Деформации во Врангелевско-Геральдской инверсионной зоне продолжают. Наличие в разрезе пластичных глин свиты Торок способствовало образованию многочисленных срывов и возникновению многочисленных бескорневых нарушений. Завершение наиболее активной фазы развития инверсионных структур маркируется несогласием в самом конце альба, которое срезает складки нижнемеловых отложений. После этого наступило время длительного перерыва в седиментации, который особенно виден на приподнятых участках на юге и центре шельфа, где выпадает почти весь разрез верхнего мела.

Произошедшее в конце мела и в палеоцене воздымание привело к перерыву в осадконакоплении и возникновению среднебрукинского несогласия МВU, выше которого верхнебрукинские отложения залегают с размывов на подстилающих. Нижние их горизонты выполняют неровности рельефа, возникшие во время перерыва.

Перспективы нефтегазоносности российской части Чукотского моря оцениваются в основном по аналогии с Аляской на основании предполагаемой близости характера разрезов. В разрезе верхнего элсмита бассейна Арктического склона Аляски выделяется несколько толщ, характеризующихся повышенной нефтеносностью: триасовые формации Ивишак, Шублик, юрская формация Кингак и нижнемеловые формации Купарук и Пибл-Шейл. По количественному содержанию, типу органического вещества и термической преобразованности глинистые разности этих толщ

характеризуются как нефтематеринские породы с повышенными и отличными свойствами [28]. Содержание органического вещества сапропелевого типа наиболее высокое в породах триасовой формации Шублик. Всего здесь известно около 40 месторождений. В качестве основной зоны нефтегазонакопления выступает вал Барроу, на своде и склонах которого находятся зоны нефтегазонакопления и ловушки разных типов как структурные, так и литологические, связанные с локальными поднятиями, выклиниванием и стратиграфическим срезанием. Крупнейшим месторождением является Прадхо-бей. Оно приурочено к антиклинальной складке размером 21 на 52 км, которая рассечена разрывами на отдельные блоки. Структура осадочных пород месторождения до валанжинского яруса включительно отражает выступ фундамента. Залегающие выше несогласно меловые породы образуют моноклинали. Начальные промышленные запасы нефти составляли в начале разработки около 1.8 млрд. тонн, газа – 735 млрд. м³ газа. К настоящему времени уже добыто свыше 1.3 млрд. тонн нефти. Выявлено всего 5 промышленных залежей в отложениях от карбона до палеогена включительно. Более 94% запасов сосредоточено в перм-триасовых отложениях. Основная промышленная залежь находится в песчаниках триаса и нижних горизонтах юры (формации Ивишак, Шублик) на глубинах 2760–2650 м. Промышленно нефтеносны также известняки формации Лисбурн пенсильванско-пермского возраста. Западнее, в районе мыса Барроу в неокомских породах формации Купарук заключены залежи нефти месторождения Купарук-Ривер с запасами около 200 млн. тонн. В скважинах, пробуренных в американском секторе на шельфе Чукотского моря известны многочисленные нефте- и газопроявления и притоки нефти из пород этих же толщ. Органическое вещество в породах дельтового и прибрежно-морского происхождения нижнего брукина имеет смешанный сапропелево-гумусовый характер. Благодаря повышенному содержанию органики растительного происхождения они в большей степени, чем элсмирские, продуцируют газ.

В пределах российской акватории Чукотского моря с большей долей вероятности можно предположить развитие нефтегазоносных толщ. Сейсмические работы свидетельствуют о том, что элсмирские отложения и рифтовый комплекс распространяются далее под водами Чукотского моря, а к северо-западу в акватории нарастает мощность брукинских отложений. Есть основания предполагать, что основная часть осадочных толщ Северо-Чукотского бассейна соответствует по возрасту рифтовому и брукинскому комплексам в разрезе Аляски. В разрезе Северо-Чукотского бассейна породы, соответствующие бо-

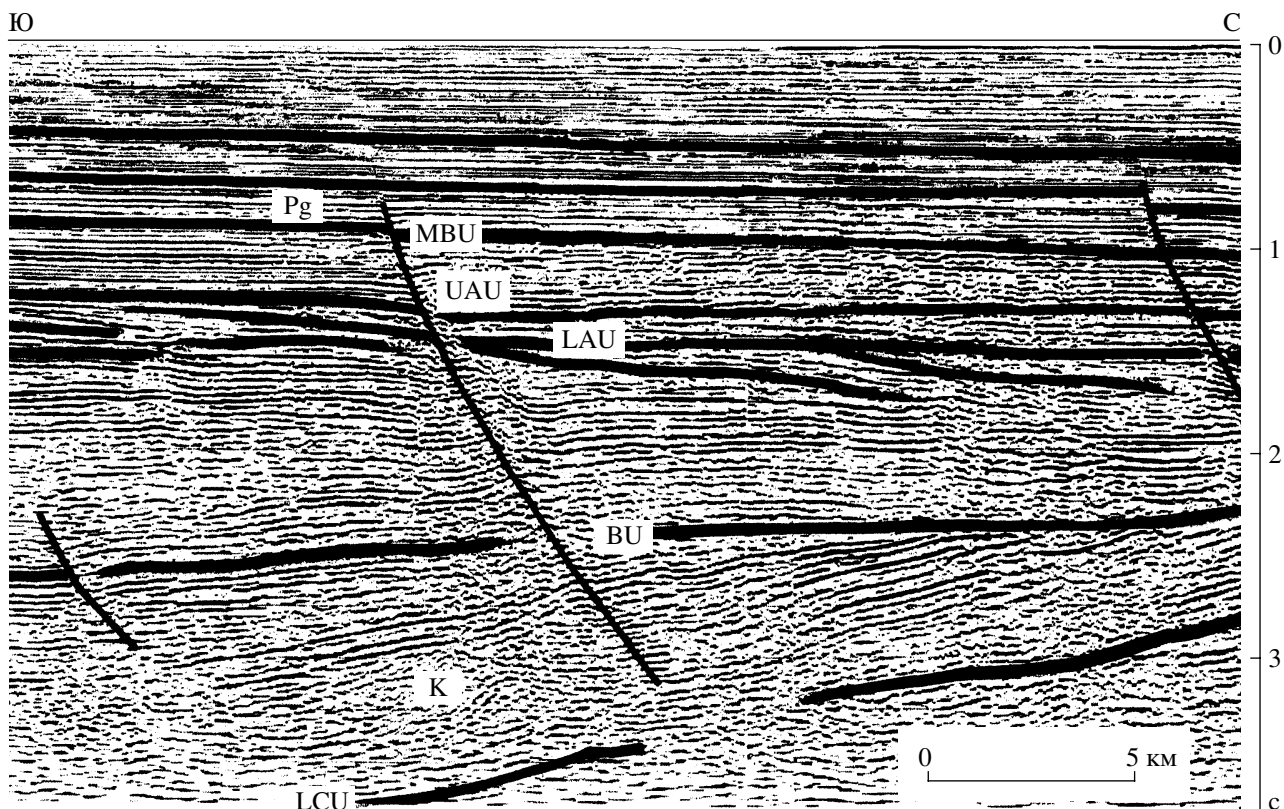


Рис. 8. Фрагмент сейсмического разреза по линии IV–IV (положение см. на рис. 3). Выделение несогласий в отложениях брукинского комплекса. Буквенные обозначения те же, что и на предыдущих рисунках
LAU – нижнеальбское несогласие

фортскому комплексу Аляски, по глубине погружения и соответственно степени преобразования могут рассматриваться как потенциальные генераторы углеводородов. Повышенная мощность вышележащих отложений также является благоприятным фактором, в них могут присутствовать породы с хорошими коллекторскими свойствами, участвующие в строении структур, которые могут являться ловушками для углеводородов. Судя по наличию диапировых структур, в глинистых породах брукинского комплекса, с которыми и связаны ядра диапиров, происходит интенсивная генерация флюидов, в том числе и углеводородов.

В разрезе бассейнов чукотского шельфа выделяются крупные сводовые поднятия. Хорошо выделяющиеся на сейсмическом профиле поднятия (см. рис. 5) крупных размеров амплитуд от 800 м до 1 км. В строении поднятий участвуют терригенные отложения нижнего брукина, глубины залегания продуктивных горизонтов, сложенных песчаниками и оолитовыми известняками, могут составлять от 2.5 до 3.5 км. Вероятные продуктивные горизонты могут иметь мощность в несколько десятков метров. Сгущение сети сейсмических профилей даст возможность детализировать строение этих поднятий и выявить новые.

Особый интерес представляют зоны выклинивания. На фрагменты сейсмопрофиля (рис. 8) видно несогласное перекрытие пластов со срезанием под поверхностью брукинского несогласия (BU). В этих условиях могут существовать ловушки литолого-стратиграфического типа для залежей углеводородов. На том же профиле под нижнеальбским несогласием (LAU) видны тела, которые можно рассматривать как дельтовые образования, являющиеся весьма перспективным объектом. Подобные ситуации отмечаются и в пределах устойчивых поднятий. На склонах и в своде Центрально-Чукотского поднятия, косо секущего прогиб Куваева, отложения верхнеэлсмирского подкомплекса (выше пермского несогласия PU) выклиниваются к востоку, мощность их сильно сокращена, в сводовой части они, вероятно, размыты. Вышележащие брукинские отложения залегают несогласно на подстилающих (рис. 9). Этот объект также представляет интерес в нефтегеологическом отношении.

Во Врангелевско-Геральдской зоне поднятий воздымание и перерыв в седиментации могли привести к отсутствию ряда горизонтов мелового разреза и верхних горизонтов элсмирского комплекса. Но более глубокие горизонты могут быть

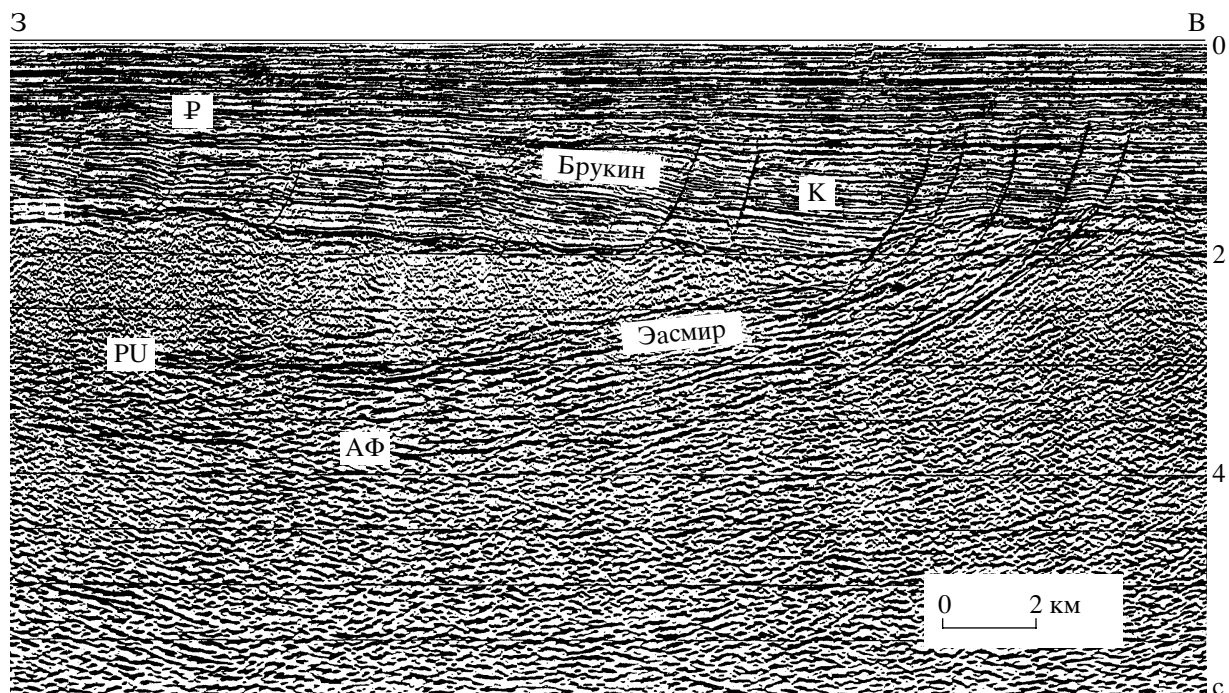


Рис. 9. Сейсмический разрез по линии V–V. Видно выклинивание отложений элсмирского комплекса на древнем поднятии АФ – акустический фундамент; РУ – пермское несогласие; LCU – нижнемеловое несогласие

приближены к поверхности и залегают на глубинах доступных для бурения. В их составе могут присутствовать породы, слагающие аналоги свит Кингак и Шублик, породы которых являются самыми перспективными на Аляске, в них находятся крупные залежи нефти. А. Гранц и С. Мей рассматривают восточную часть этой зоны как участок, который может являться перспективным [20].

По перспективам нефтегазоносности в Чукотском море выделяются акватории разных категорий. Потенциально высокоперспективным в целом является Северо-Чукотский прогиб, представляющий самостоятельный возможный нефтегазоносный бассейн. В качестве весьма перспективных участков можно рассматривать южный борт Северо-Чукотского прогиба, прогиб Куваева (по элсмирским отложениям) и относительно умеренно нарушенные складчатые структуры в случае их перекрытия глинистой покрывкой свиты Торок в восточной части Врангелевско-Геральдской зоны инверсионных поднятий.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В последнее время изучению наших крайних северо-восточных акваторий, как и вообще арктических районов России, придается большое значение. Они привлекают внимание исследователей в отношении решения теоретических вопросов и для оценки общих перспектив использования природных ресурсов этих районов. Хотя в

строении шельфа Чукотского моря, примыкающего к Чукотке и Аляске, много общего, различия все же наблюдаются. В основном это касается мезозойской истории развития, которая по обе стороны Берингова пролива происходила по-разному. Аляска не испытала интенсивного позднемезозойского тектогенеза с соответствующей складчатостью и дислокациями врангелевского типа. На Аляске процессы формирования осевых структур протекали в более спокойных условиях. Здесь длительное время развивался приподнятый крупный структурный элемент – сводовый вал Барроу, который определял распределение осадочных фаций, их мощность, наличие горизонтов выклинивания и срезания на протяжении длительного времени позднего палеозоя и ранне-среднего мезозоя. Во Врангелевско-Геральдской зоне по сравнению с Аляской разрез сокращен в верхней части, а отложения дислоцированы интенсивнее. В западной части шельфа больше проявляются структуры раннего заложения, дискордантные по отношению к современным. По-видимому, именно к ним были приурочены депоцентры накопления позднепалеозойских и раннемезозойских толщ. Анализ мощностей осадочных толщ элсмирского комплекса и изменение характера сейсмофаций свидетельствуют о том, что основной источник сноса материала располагался на севере. На распределение отложений влияли также дифференциальные движения приподнятых блоков, ограничивающих субмеридиональные трого-

вые прогибы. На поднятиях, ограничивающих прогиб Куваева, раннеэлсмирские отложения, вероятно, не отлагались. Они выполняют только его центральную часть. Поэтому можно рассчитывать на наличие зон выклинивания на бортах прогиба. В позднеэлсмирское время поднявшийся уровень моря сократил размеры палеоподнятий, они частично или полностью оказались перекрыты. Однако последующее понижение уровня привело к размыву отложений позднеэлсмирского комплекса, они могут быть стратиграфически срезаны на склонах древних поднятий [17]. Это создает возможность существования соответствующих благоприятных зон нефтегазонакопления.

Начало формирования Канадской котловины в середине и конце юрского времени и связанные с этим процессы в смежных зонах отразились в перестройке структурного плана и характере осадконакопления. Началось формирование отложений рифтового комплекса, который лежит в основании осадочных бассейнов новой генерации. С нефтегеологической точки зрения начинается образование новой нефтяной системы. Постепенно усиливается поступление терригенного материала с юга, из новых источников сноса, к этому времени совершенно прекращается карбонатное осадконакопление. Происходит интенсивное заполнение Колвиллского прогиба на Аляске и крупной надрифтовой структуры – Северо-Чукотского прогиба. Накопление большой массы отложений (мощностью до 17–18 км) в основном в течение мелового времени не могло не вызвать последствий. Одним из них является образование инверсионных поднятий во Врангелевско-Геральдской зоне. Воздействие этого фактора совпало с позднемезозойским тектогенезом. Большие скорости накопления осадков, вероятное присутствие среди них мощных глинистых свит проявилось в развитии диапиризма. Тектонические движения проявились в наличии перерывов и возникновении зон стратиграфического срезания отдельных частей разреза брукинско-геральдского комплекса. В восточной части Врангелевско-Геральдской зоны зафиксировано смещение складок по поверхности срыва в глинистой толще альбской формации Торок. Складчатые структуры в пределах этой зоны подверглись размыву, домеловое основание в ряде случаев приближено к поверхности дна. Интерпретация, основанная на анализе выделенных несогласий, и рассмотрение структурных стилей ограниченных ими комплексов дает возможность проводить региональные сопоставления на широких пространствах, практически повсеместно на шельфе, где имеются сейсмические разрезы, опознать толщу меловых отложений, заключенных между нижнемеловым (LCU) и среднебрукинским (MBU) несогласиями.

Накопление мощных осадочных толщ отвечает главному условию нефтеобразования. В осадочных бассейнах Чукотского шельфа, учитывая

данные по Аляске, можно выделить две нефтеносные системы, а внутри их – нефтегазонаносные комплексы. Выделенные системы отвечают основным этапам развития осадочных бассейнов – элсмирскому и брукинскому. Элсмирская система характерна для нефтегазонаносных бассейнов платформенного типа, брукинская – для бассейнов переходного типа, связанных с развитием смежных складчатых сооружений и процессами орогенеза в них. Материнские свиты элсмирской нефтяной системы обладают высоким преимущественно нефтегенерационным потенциалом, в брукинской толще по сравнению с элсмирскими породами органическое вещество по своему составу в большей степени способно генерировать газ [26]. Конденсированные глинистые отложения основания клиноформ рифтового (или бофортского) комплекса являются генераторами нефтяных углеводородов для песчаных тел в составе этого комплекса, частично они подпитывают вышележащие горизонты брукинской нефтяной системы.

В нефтегеологическом отношении севернее о. Врангеля предлагается выделить Северо-Чукотский возможный нефтегазонаносный бассейн как самостоятельный достаточно автономный элемент районирования, ограниченный приподнятыми структурами и характеризующийся очень большой мощностью отложений предположительно в основном мелового возраста. Северо-западная часть Северо-Чукотского бассейна частично выходит на континентальный склон, а с северо-восточной стороны ограничение бассейна представлено континентальным блоком Чукотского аваншельфа. Связь прогиба Куваева с другими тектоническими элементами, особенно в южной части, и соответственно уточнение конфигурации бассейна требуют уточнения. Структурные предпосылки нефтегазонаносности отложений Северо-Чукотского осадочного бассейна и прогиба Куваева чрезвычайно благоприятны. По имеющимся данным намечаются крупные поднятия в отложениях нижнего брукина, осложняющие южный борт Северо-Чукотского бассейна, представляющие несомненный интерес в нефтегазонаносном отношении. Вдоль этого же борта протягиваются зоны выклинивания и стратиграфического срезания отдельных пачек нижнебрукинских отложений, с которыми могут быть связаны возможные зоны нефтегазонакопления. Подобные же зоны намечаются на восточном борту прогиба Куваева. На границе нижнего и верхнего брукина вырисовываются дельтовые тела, которые также являются очень интересным объектом в нефтегазонаносном отношении. Интерес в отношении перспектив нефтегазонаносности могут представлять те структуры в пределах Врангелевско-Геральдской зоны, в пределах которых приближены к поверхности умеренно дис-

лоцированные породы верхнего элсмита, представляющие главные нефтеносные объекты на Аляске.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проанализированные в статье геолого-геофизические материалы дают основание сделать вывод о том, что развитие рассматриваемого региона происходило в условиях смены тектонического режима. На палеозойском этапе развития северная его часть характеризовалась платформенными условиями, накопление отложений происходило в основном в условиях шельфовых морей. Начиная с середины или конца юрского времени начинается новый этап, связанный с расколом единого континентального массива и возникновением мозаики отдельных блоков, возникших в процессе разрушения. Отложения существовавших до этого времени осадочных бассейнов подвергаются в меловое время дислокационным процессам, при этом дислокации развиваются на месте депоцентров прогибания предыдущих этапов как, например, во Врангелевско-Геральдской зоне. В меловое время на новом этапе развития в Американо-Чукотском секторе возникают осадочные бассейны с повышенными мощностями отложений. Некоторые из них вначале наследуют прогибы предыдущих этапов (прогиб Куваева), другие сразу закладываются дискордантно по отношению к ранее существовавшим (Северо-Чукотский). Существует определенное различие между развитием структур в пределах Аляски и в более западных районах. По имеющимся материалам можно предполагать, что развитие на Аляске носило в целом более унаследованный характер, хотя депоцентры брукинского времени и смещены по отношению к элмитским, а основные источники сноса материала этого времени располагаются уже на юге (поднятия хребта Брукса), а не на севере. Тем не менее наращивание разреза происходит, и это имеет большое значение для нефтегазоносности. Нефтегазоносные районы Аляски не имеют непосредственного продолжения в западных районах шельфа Чукотского моря, где выделяются самостоятельные отдельные возможные нефтегазоносные бассейны. Однако аналогия в строении имеется, прежде всего она предполагается в строении разреза. Опираясь на данные по геологии о Врангеля и пробы донного материала, отобранные на хребте Нортвинд и в других местах, можно говорить о сходном характере верхнепалеозойского и нижнемезозойского разреза на Аляске и в более западных районах шельфа. Прямых данных о составе меловых (и, возможно, юрских) отложений в этих районах практически не имеется. Важным фактором являются тектонические и седиментационные формы, которые определяют наличие разнообраз-

ных типов ловушек углеводородов. Об этих формах можно судить на основании сейсмических материалов. Они показывают, что в пределах Северо-Чукотского прогиба и прогиба Куваева пока лишь в исследованной части разреза существует большое разнообразие форм, наряду со структурами антиклинального типа выделяются зоны выклинивания, стратиграфического срезания, дельтовые и другие аккумулятивные тела, благоприятные для накопления углеводородов. В российском секторе Чукотского моря, в западных частях его шельфа выделен крупный возможный Северо-Чукотский нефтегазоносный бассейн, в сложении которого, по всей вероятности, принимают участие две нефтегазоносные системы. Южнее расположен прогиб Куваева, перспективы которого также могут оцениваться высоко.

В качестве первоочередных выделяются два участка. Один из них расположен на южном борту Северо-Чукотского прогиба, здесь намечаются крупные положительные структурные формы, могущие явиться благоприятными ловушками для скоплений углеводородов и зоны выклинивания в меловых отложениях. Другой интересный участок намечается в пределах Врангелевско-Чукотской зоны инверсионных поднятий, где к поверхности на доступных глубинах могут быть приближены отложения верхнего палеозоя и низов мезозоя, являющиеся основными нефтесодержащими комплексами на Аляске.

Благодарности. Авторы благодарят за участие в обсуждении изложенных здесь проблем многих ученых, геологов и геофизиков “Дальморнефтегеофизики”, сотрудников ВНИИОкеангеологии и других организаций, опубликованные и фондовые материалы которых они могли использовать. Авторы высоко ценят также усилия рецензентов этой статьи, которые своими критическими замечаниями и пожеланиями очень им помогли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богданов Н.А.* Проблема раздела Евразийской и Северо-Американской литосферных плит в Восточной Арктике // Геотектоника. 1998. № 2. С. 4–16.
2. *Богданов Н.А.* Тектоника Арктического океана // Геотектоника. 2004. № 3. С. 13–30.
3. *Бурлин Ю.К., Шешуков Д.В.* Строение и нефтегазоносность шельфа Чукотского моря // Общие и региональные вопросы геологии. Проект Федеральной целевой программы “Интеграция”. М.: ГЕОС, 1999. С. 102–108.
4. *Грамберг И.С., Погребницкий Ю.Е.* Геодинамическая система, глубинное строение и структурная эволюция Северного Ледовитого океана // Эволюция геологических процессов в истории Земли. М.: Наука, 1993. С. 14–158.

5. Грамберг И.С., Супруненко О.И., Вискунов К.Г. и др. Нефтегазоносность Арктического супербассейна // Разведка и охрана недр. 2000. № 12. С. 24–30.
6. Кабаньков В.А., Андреева И.А., Иванов В.Н., Петрова В.И. О геотектонической природе системы Центрально-Арктических морфоструктур и геологическое значение донных осадков в ее определении // Геотектоника. 2004. № 6. С. 33–48.
7. Каминский В.Д., Поселов В.А., Погребницкий Ю.Е. и др. Обоснования внешней границы континентального шельфа России в Арктике, основные результаты и направления работ на ближайшую перспективу // Мировой океан: Минеральные ресурсы Мирового океана. М.: ВИНТИ, 2001. С. 210–220.
8. Косьюко М.К., Заманский Ю.Я., Лонгинен А.Е., Иванова Н.Н. Граница Канадской котловины и Центрально-Арктической области поднятий в районе хребта Нордвинд (Амеразийский бассейн Северного Ледовитого океана) // Геолого-геофизическая характеристика литосферы Арктического региона. Вып. 4. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. С. 114–131.
9. Кругляк В.Ф., Куделькин В.В., Шипелькевич Ю.В. Структурные провинции Российского сектора Чукотского моря по данным комплексных геофизических исследований // Тез. докл. Междунар. геофиз. конференции. СПб., 2000. С. 342–344.
10. Оруджева Д.С., Обухов А.Н., Агапитов Д.Д. Перспективы нефтегазопоисковых работ в Чукотском море // Геология нефти и газа. 1999. № 3–4. С. 28–33.
11. Остров Врангеля: геологическое строение, минерагения, геоэкология / Под редакцией М.К. Косьюко, В.И. Ушакова. Труды НИИГА-ВНИИОкеангеология. Т. 200. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2003. 137 с.
12. Пуцаровский Ю.М. Тектоника Северного Ледовитого океана // Геотектоника. 1976. № 2. С. 3–14.
13. Хаин В.Е. Общая геотектоника. М.: Недра, 1973. 510 с.
14. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов (2000). М.: Научный мир, 2001. 606 с.
15. Шатский Н.С. О тектонике Арктики. Геология и полезные ископаемые севера СССР. Т. 1. Геология. Л.: Изд-во Главсевморпути, 1935. С. 149–168.
16. Шипелькевич Ю.В. О принципиальных подходах к интерпретации региональных сейсмических данных в слабо изученных районах Арктического шельфа. Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 3. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. С. 169–181.
17. Шипелькевич 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.
18. Bergquis Ch.L., Graham P.P., Johnson D.H., Rawlinson K.R. Canada's Mackenzie Delta: fresh look at an emerging basin // Oil and Gas Journal. 2003. № 3. P. 42–46.
19. Grantz A., Eittreim S., Dinter D. Geology and tectonic development of the continental margin North of Alaska // Tectonophysics. 1979. Vol. 59. P. 263–291.
20. Grantz A., May S.D. Regional geology and petroleum potential of the United States Chukchi shelf north of Point Hope // Geology and resource potential of the continental margin of Western North America and adjacent ocean basins – Beaufort Sea to Baja California. Eds. Sholl D.W., Grantz A., Vedder J.G., (eds.), Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources. Earth Science Series. 1987. Vol. 6. P. 37–58.
21. Grantz A., Clarck D.L., Phillips R.L., Srivastava S.P. Phanerozoic stratigraphy of Northwind ridge, magnetic anomalies in the Canada basin, and the geometry and timing of in the Amerasia basin, Arctic Ocean // Geol. Soc. Am. Bull. 1998. Vol. 110. № 6. P. 801–820.
22. Houseknecht D.W., Kenneth J.B. Sequence stratigraphy of the Kingak Shale (Jurassic – Lower Cretaceous), national petroleum reserve in Alaska // AAPG Bulletin. 2004. Vol. 88. № 3. P. 279–302.
23. Hubbard R.J., Edric S.P., Rattay R.P. Geologic evolution and hydrocarbon habitat of the "Arctic Alaska microplate" Eds. I. Tailleux, P. Weimer. Alaskan North Slope geology: SEPM Pacific Section and Alaska Geological Society. 1987. Vol. 50. P. 797–830.
24. Kos'ko M.K., Cecile M.H., Harrison J.C., Ganelin V.G., Khandoshko N.V., Lopatin B.G. Geology of Wrangel Island, between Chukchi and East Siberian Seas, Northeastern Russia // Geological Survey of Canada. Bulletin. 1993. Vol. 461. 101 p.
25. Shipelkevich Yu.V., Kudel'kin V.V., Kruglyak V.F., Shipelkevich I.V. Structure, evolution and hydrocarbon potential of sedimentary basin on the Russian Chukchi Shelf // Abstr. of III Intern. Conference on Arctic Margins. Alfred – Wegener Institute for Polar and Marine Investigation, Hannover, 1997.
26. Tailleux I.L. Probable rift origin of the Canada basin, Arctic geology // American Assoc. of Petrol. Geologists. Memoir. 1973. Vol. 19. P. 526–535.
27. Thurston D.K., Theiss L.F. Geologic report for the Chukchi Sea planning area. U.S. Mineral Management Service OSC Report, MMS 87-0045. 1997. 193 p.
28. Undiscovered oil and gas resources, Alaska federal offshore. U.S. Department of the Interior Minerals Management Service Alaska OCS Region / Ed. Kirk W. Sherwood. OCS Monograph MMS 98-0054. Anchorage, Alaska. 1998. 381 p.

Рецензент: Ю.А. Волож

Principal Features of the Tectonic Evolution of Sedimentary Basins in the Western Chukchi Shelf and Their Petroleum Resource Potential

Yu. K. Burlin¹ and Yu. V. Shipel'kevich²

¹*Faculty of Geology, Moscow State University, Vorob'evy gory, Moscow, 119899 Russia*

²*All-Russia Research Institute of Geology and Mineral Resources of the World Ocean (VNIIOkeangeologiya), Angliiskii pr. 1, St. Petersburg, 190121 Russia*

Abstract—The history of the formation of sedimentary basins located predominantly in the western shelf of the Chukchi Sea is considered along with the data on the geology of adjacent areas of the American part of the sea and northern Alaska reported in the available publications on this region. The main lithotectonic complexes that correspond to particular stages of evolution of the region are identified. The tectonic rearrangement of the structural grain in response to the formation of the Canada Basin resulted in the development of the North Chukchi Trough. Intense subsidence of this trough and accumulation of thick sedimentary sequence favored, in turn, the balanced inversion uplift of the Wrangel–Herald Zone spatially related to depocenters of older sediments. Vigorous uplift and folding ceased in the Albian. In the geologic record, these processes are marked by unconformity and overstep of the older structural features. The inversion uplifts continued to rise later. Analysis of the data available provides new insights into the structure and evolution of the region. The sedimentary basins with a great thickness of their fill were favorable for generation and accumulation of hydrocarbons. The large uplifted blocks, extensive wedge-out zones, and stratigraphic unconformities at the walls of troughs and uplift slopes are especially favorable for hydrocarbon accumulation. Permissive beds are correlated with the Neocomian–Aptian sequence in Alaska that hosts oil and gas fields. The Upper Paleozoic and Lower Mesozoic strata, which are the main petroliferous sedimentary rocks in Alaska, may occur at a shallow depth in the Wrangel–Herald Inversion Zone. The conclusions drawn in this paper should be taken into account during reappraisal of the petroleum resources throughout the entire Chukchi shelf. At present, several oil and gas prospects are outlined in the Russian part of the Chukchi Sea.