

УДК 551.35

ТЕКТОНИЧЕСКОЕ СООТНОШЕНИЕ СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ БАССЕЙНОВ НА ЧУКОТСКО-АЛЯСКИНСКОМ ШЕЛЬФЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ

© 2003 г. Ю. В. Шипелькевич, Ю. К. Бурлин

Представлено академиком В.Е. Хаиным 04.02.2003 г.

Поступило 05.02.2003 г.

Интерпретация данных морской сейсморазведки, полученных на российской части Чукотского шельфа, позволяет составить представление о строении осадочных комплексов, о главных тектонических элементах и их соотношении и времени развития. Некоторые новые взгляды о строении этого района, в частности о характере низов осадочного разреза, были опубликованы ранее [2, 7]. Проведенный анализ позволяет предположительно выделить вероятные нефтегазоносные комплексы, наметить зоны нефтегазонакопления и типы возможных ловушек в перспективных отложениях позднепалеозойского и мезозойско-кайнозойского возраста, в том числе на основе сопоставления с нефтеносными районами Аляски.

По представлениям многих авторов, обобщенных В.Е. Хаиным [4], район сочленения Чукотки и Аляски представлял собой часть существовавшего здесь крупного континентального блока (Гиперборейской платформы?) с докембрийским фундаментом. В основании осадочного разреза на севере Аляски поверх докембрийского фундамента залегают терригенные осадочные образования франклинского комплекса девонского и более раннего времени, деформированные во время элсмирского орогенеза в позднедевонское время (на о. Врангеля возможным аналогом является врангелевский комплекс, отложения которого заключают в себе обломки пород протерозойского возраста). Они часто включаются в состав акустического фундамента. Позже, к концу девона этот район подвергся раскальванию, возникли грабены, ограниченные разломами. В прогибах рифтового типа происходило накопление терригенно-карбонатных толщ, соответствующих нижней части элсмирского комплекса, выделяемого на Аляске. В нижней его ча-

сти (нижнеэлсмирский подкомплекс) выделяется, в частности, одна из известных толщ – свита Лисберн каменноугольно-пермского возраста. Деструкция коры в конце палеозоя определила формирование системы грабенов субмеридиональной ориентировки, на основе которых впоследствии сложились трогообразные прогибы.

Верхний элсмирский подкомплекс распространен шире, его отложения стали формироваться после перерыва в предпозднепермское время (РИ). В наиболее прогнутых участках мощность элсмирских отложений достигает 5–9 км. В сводовых частях крупных поднятий на севере Аляски отложения элсмирского комплекса отсутствуют. По мнению американских авторов [8], в более западных акваториальных районах они присутствуют и мощность их возрастает. Элсмирский комплекс срезается региональным нижнемеловым несогласием – Lower Cretaceous Unconformity (LCU). Несогласие уверенно выделяется на сейсмических разрезах [5], а также в разрезах скважин на шельфе Аляски и датируется возрастом около 125 млн. лет. В последующую трансгрессивную фазу развития выше несогласия откладывались морские глины, которые являются региональным флюидоупором. Отложения, заключенные между нижнемеловым (LCU) и более молодым брукским предположительно аптским несогласием (BU), относятся к рифтовому комплексу (в американском секторе диапазон его расширяется вплоть до юрского несогласия) и развиты не повсеместно. После брукского перерыва (апт?) залегают отложения нижнебрукского подкомплекса. Слагающие его отложения, часто представленные глинистыми разностями, начали формироваться в условиях относительного покоя. В прогибах и компенсированных осадконакоплением грабенах мощность их достигает 4 км и более. Основной объем этих отложений мощностью до 7–8 км сосредоточен в Северо-Чукотском прогибе.

Более молодая часть разреза, залегающая выше среднебрукского несогласия – Mid-Brukian Unconformity (MBU), подошва которого срезает ниже-

*Всероссийский научно-исследовательский институт геологии и минеральных ресурсов Мирового океана, Санкт-Петербург
Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова*

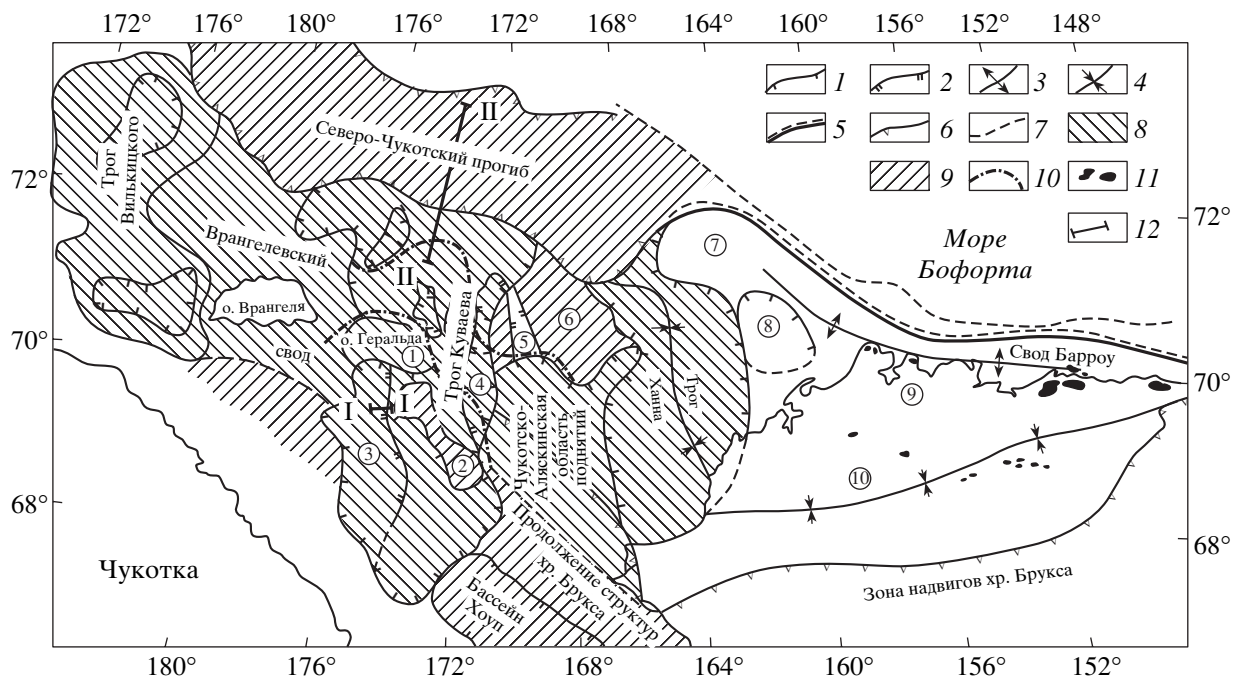


Рис. 1. Схема основных тектонических элементов акустического фундамента (подшола осадочного чехла) в Чукотском море. 1 – границы прогибов и поднятий; 2 – границы грабен; 3 – оси положительных структур; 4 – оси отрицательных структур; 5 – крупные разломы; 6 – надвиги; 7 – край шельфа; 8 – области с доэлсмирским фундаментом; 9 – области с добрукским фундаментом; 10 – границы зоны наибольшей инверсии; 11 – нефтяные месторождения; 12 – линии сейсмических профилей. Цифры в кружках: 1, 2 – поднятия – Геральда (1), Центрально-Чукотское (2); 3–5 – грабены: Южно-Чукотский (3), Центрально-Чукотский (4), Северо-Чукотский (5); 6 – Срединный Чукотский выступ; 7 – Северо-Чукотское поднятие; 8 – Северо-восточный Чукотский бассейн; 9 – бассейн Арктического склона; 10 – Колвиллский прогиб.

лежащие складки в отложениях мелового возраста, представляет собой отложения еще одного, кайнозойского, цикла осадконакопления – верхнебрукский подкомплекс. Его отложения плащеобразно перекрывают подстилающие породы и распространены повсеместно.

В современной структуре акустического фундамента здесь удастся выделить и закартировать несколько крупных тектонических элементов в основном двух направлений (рис. 1). Среди структур прогибания, ориентированных субмеридионально, выделяется трог Куваева, заполненный отложениями верхнего палеозоя–нижнего мезозоя, которые в разрезе Аляски обычно относят к элсмирской толще, и более молодыми. На севере эта структура имеет торцевое сочленение с более молодой субширотной структурой – Северо-Чукотским прогибом (возможным крупным нефтегазоносным бассейном). Контуры трога, определенные по сейсмическим данным, достаточно уверенно прослеживаются пониженными значениями поля силы тяжести. Трог включает систему грабенов такой же субмеридиональной ориентировки, ограниченных разломами. В средней части он осложнен Центрально-Чукотским поднятием северо-западной ориентировки. С запада в трог вдавливается поднятие Геральда, являющееся как бы высту-

пом обширного Врангелевского свода, отделяющее от трога Куваева близкий по времени заложения и ориентировке трог Вилькицкого.

Восточным ограничением трога Куваева служит относительно приподнятый террасовидный участок – Чукотско-Аляскинская область поднятий, значительная часть чехла в ее пределах эродирована. Возраст фундамента этой области определяется как доэлсмирский (допозднедевонский). На севере, близ восточного узла сочленения восточного борта трога Куваева и южной краевой части Северо-Чукотского прогиба расположен приподнятый блок – Срединный Чукотский выступ (в американской литературе иногда называемый Чукотской платформой), осложненный грабеном. Возраст фундамента этой области определяется как доэлсмирский (допозднедевонский). Южная часть Чукотско-Аляскинской области поднятий пересекается линией разлома северо-западного направления, за которой протягивается с Аляски полоса предполагаемого продолжения структур хребта Брукса. Южнее выделяется известный бассейн Хоуп, возраст фундамента которого оценивается как раннемеловой. С восточной стороны Чукотско-Аляскинская область поднятий сопрягается с трогом Ханна, ориентировка вытянутости которого в целом совпадает с таковой же

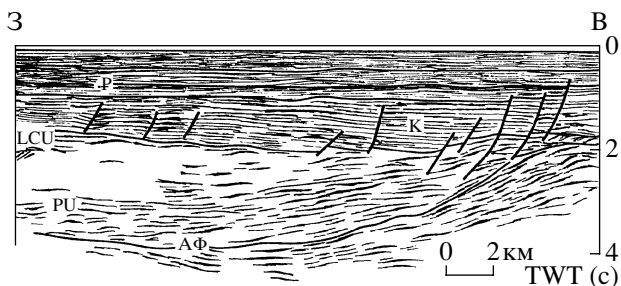


Рис. 2. Сейсмогеологический профиль по линии I-I. Видно выклинивание пород элсмирского комплекса на древнем поднятии.

трога Куваева. Трог Ханна выполнен мощной (более 12 км) толщей отложений предположительно позднеэлсмирских и раннебрукских отложений. Вдоль оси он сложен разломной зоной, деструктивные нарушения которой в верхней части чехла ветвятся и вдоль них развиваются небольшие грабены. При погружении оси трого к северу происходит его перекрытие несогласно ориентированным и позднее возникшим Северо-Чукотским прогибом. На северо-востоке ограничением является Северо-Чукотское поднятие, лежащее на продолжении оси свода (фактически вала) Барроу, который протягивается вдоль северного побережья Аляски. К нему приурочены нефтяные месторождения, в том числе крупнейшее – Прадхо-бей. К югу от свода расположены крупные тектонические элементы: бассейн Арктического склона и предгорный Колвиллский прогиб.

Средние глубины залегания кровли нижнего элсмира, предположительно выделяемого в разрезе трого Куваева, составляют 4–5 км, а наибольшие значения глубин в северной части трого Куваева близ сочленения с Северо-Чукотским прогибом достигают 10 км и более. На склонах Центрально-Чукотского поднятия, как и на бортах прогиба, отложения нижнего элсмира выклиниваются по типу onlap (рис. 2). Кровля верхнего элсмира в пределах центральных участков трого Куваева залегает на глубинах в среднем 1–4 км, а к северу глубины возрастают. В зонах, испытавших инверсию, эти отложения размыты в разной степени. Элсмирские отложения, по-видимому, частично размыты и на Срединном Чукотском выступе так же, как и в приосевой части свода Барроу на Аляске. В состав верхнего элсмира входят основные продуктивные горизонты крупнейшего на Аляске нефтегазового месторождения Прадхо-бей (свиты Ивишак, Сэдлрочит и др.).

За относительно короткий период времени, в начале нового этапа развития произошла существенная перестройка структуры и тектонического режима, и вышележащие мел-кайнозойские отложения характеризуются иным структурным пла-

ном по сравнению с нижележащими, что связано с рифтогенезом и деструктивными явлениями в мезозое. Существенным событием явилось заложение Северо-Чукотского прогиба иной ориентировки, чем субмеридиональные трого. В трого Куваева отложения нижнего брукса еще сохраняют общий субмеридиональный план, а в Северо-Чукотском прогибе одновозрастные отложения уже вовлечены в сложение структур совершенно иного направления.

Отложения рифтового комплекса, заключенные между нижнемеловым (LCU) и более молодым брукским несогласием (BU), занимают почти половину объема осадочного чехла в Северо-Чукотском прогибе. Кровля этих отложений залегает здесь на глубинах 12 км, а сами они выклиниваются в южном направлении по типу onlap вдоль кровли верхнего элсмира. Южнее, в полосе о. Врангеля–о. Геральда и юго-восточнее часть этих отложений была эродирована. Верхнебрукский подкомплекс залегает на них несогласно, после перерыва [8]. Глубина залегания их кровли увеличивается от 1–2 км на юге до 4–5 км в грабенах. В Северо-Чукотском прогибе эти глубины составляют 9–10 км. Верхним ограничением отложений этого подкомплекса является среднебрукское несогласие (MBU), время образования которого определяется в 59–63 млн. лет.

Перерыв между мелом и палеоценом (подосва MBU) связан с размывом нижележащих толщ, формированием прибрежных мелководных отложений и дельтовых комплексов. Вышезалегающие отложения кайнозоя вплоть до современных формировались в условиях открытого шельфа.

Выполненный анализ мощностей комплексов, их внутреннего строения и сейсмофаций позволяет восстановить характер развития и тектонической активности в бассейнах седиментации и прежде всего в одном из них – в трого Куваева. Основным источником сноса располагался на севере, где находились поднятия. На близость источников сноса указывают изменение характера сейсмофаций акустически дифференцированных слоев в направлении к палеоподнятиям.

В позднеэлсмирское время границы бассейна осадконакопления расширились, а поднявшийся уровень моря сократил размеры палеоподнятий. В связи с возможным усилением привноса материала из других источников в разрезе возросло содержание терригенных отложений, в аляскинской части это характерные песчаники Сэдлрочит, аналоги которых, весьма вероятно, присутствуют и в разрезе чукотского шельфа. К концу юры завершилось формирование осадков элсмирского комплекса, выполняющих прогибы более древнего заложения. Последовавшее за этим понижение уровня Мирового океана привело к частичному, а местами и полному размыву элсмирских толщ.

В связи с существенной перестройкой структурного плана происходит изменение положения источников обломочного вещества, снос идет с юга на север, и поступающий материал заполняет формирующийся быстрыми темпами Северо-Чукотский прогиб (рис. 3). Возникновение этой крупной надрифтовой структуры совершенно другой субширотной ориентировки, дискордантной по отношению к более древним субмеридиональным трогам, по-видимому, связано с началом формирования Канадской океанической котловины. Северо-Чукотский прогиб может быть фрагментом более крупного периокеанического прогиба, продолжение которого прогнозируется вдоль бровки континентального склона вплоть до Лаптевоморской шельфовой окраины, как это устанавливается по сейсмическим данным.

Образование рифта и заложение Северо-Чукотского прогиба, по-видимому, инициировало первую фазу другого важнейшего тектонического события – образование зоны инверсионных поднятий [3]. Эта зона протягивается от о. Врангеля севернее о. Геральда и далее на юго-восток в область Чукотско-Аляскинских поднятий. Наибольшие интенсивные проявления инверсии приурочены к депоцентрам бассейнов элсмирского времени, в которых были накоплены максимальные по мощности (до 6 км) толщи. Устойчивые блоки доэлсмирской стабилизации практически не затрагиваются инверсионными процессами. Вследствие подъема структур в зоне инверсионных поднятий и последующего их размыва происходило поступление материала в Северо-Чукотский прогиб, где накопилось почти 10 км терригенных, вероятно, преимущественно нижнемеловых отложений. Осадконакопление происходило по типу лавинной седиментации с аномально высокими темпами (до 1500 в единицах Бубнова). Формирование этого комплекса завершается брукским несогласием, отражающим понижение уровня Мирового океана, при регрессии часть подстилающих отложений на северном борту Северо-Чукотского прогиба было эродировано.

Вышезалегающий нижнебрукский подкомплекс, сложенный в основном глинистыми отложениями нижнего мела, начал формироваться в условиях относительного покоя. В средней и южной частях шельфа мощности отложений в прогибах и компенсационных грабенах достигают 4–5 км. Основной объем этих отложений мощностью до 7–8 км сосредоточен в Северо-Чукотском прогибе, где в верхней части толщи в период 108–60 млн. лет сформировались клиноформные авандельтовые тела, суммарная мощность которых может достигать 3–4 км. Области сноса располагались на периферийных поднятиях. К концу альба завершилось формирование основного объема осадков в Северо-Чукотском прогибе, на бортах которого отмечаются перерывы и выклинивания. Южнее в

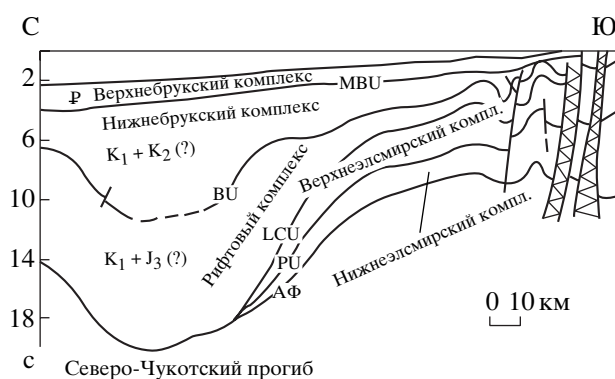


Рис. 3. Предполагаемый геологический профиль по линии II–II, построенный по сейсмическим данным.

зоне инверсионных поднятий происходит образование структур сжатия в пластичных глинистых осадках. В позднебрукское время после некоторого перерыва депоцентры прогибания сместились в северо-западную часть Северо-Чукотского прогиба, где и наблюдаются преобладающие мощности кайнозойских отложений.

Накопление мощных осадочных толщ отвечает главному условию нефтеобразования, в этом отношении исследуемые структуры безусловно представляют большой интерес. Представления об особенностях пород и их свойствах можно получить, опираясь на данные бурения на Аляске. В разрезе бассейна Арктического склона Аляски выделяется несколько толщ, в основном относящихся к верхнему элсмиру: триасовая формация Шублик, юрская формация Кингак и нижнемеловые формации Купарук и Пейл-Шейл. По содержанию органического вещества и термической преобразованности глинистые разности этих толщ относятся к благоприятным и отличным материнским породам, свидетельством реализации нефтематеринского потенциала в них являются залежи нефти в породах пермо-триаса (гигантское месторождение Прадхо-бей) и в нижнем мелу (месторождение Купарук-ривер и др.), а также притоки нефти из пород нижнего мела в скважинах на шельфе Аляски. В южных районах эти толщи рассматриваются преимущественно как газоматеринские. Отложения нижнего брукса слагают дельтовые тела и более глубоководные конусы выноса на севере Аляски, в пределах аляскинского шельфа и на шельфе Чукотского моря на склонах Среднего Чукотского выступа. Глинистые породы прудельт представляют собой материнские толщи. В вышележащих частях разреза присутствуют породы-коллекторы хорошего качества. Перспективы пород, являющихся вероятными аналогами верхнего элсмира и нижнего брукса в Северо-Чукотском прогибе и троге Куваева, оцениваются высоко. Своеобразие тектонических и седиментационных форм определяет разнообразие типов возмож-

ных ловушек углеводородов. Наряду с обычными структурами антиклинального типа, в том числе и нарушенных разрывами, выделяются дельтовые тела и другие аккумулятивные формы, образовавшиеся во время воздымания и преобладания прибрежно-морского режима в краевых частях бассейна [1, 6]. Особенно четко они выделяются на южном борту Северо-Чукотского прогиба. В Северо-Чукотском прогибе предполагается развитие вероятных ловушек на флангах диапировых структур в породах брукского комплекса. Ловушки, образованные в потенциальных резервуарах турбидитных песчаников, могут быть развиты в ограниченных разломами грабенах. Трoги субмеридиональной ориентировки и субширотные структуры, особенно Северо-Чукотский прогиб, имеют разное время заложения и развития, и это не могло не отразиться на процессах нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции. Верхнепалеозойские и нижнемезозойские отложения (их присутствие вероятно на добрукских выступах) могут рассматриваться как преимущественно нефтеносные. Северные участки субмеридиональных трогов были втянуты в погружение во время формирования Северо-Чукотского прогиба, что могло повлиять на переформирование и изменение фазового состояния углеводородных скоплений. Вертикальная зональность распределения нефтяных и газовых скоплений в том и другом случаях может быть различной, в Северо-Чукотском прогибе она предположительно может быть расширена и включать как зоны присутствия газоконденсатов в более глубоко залега-

ющих толщах и наличия газа в молодых отложениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бурлин Ю.К., Шешуков Д.В.* Структура и нефтегазоносность шельфа Чукотского моря. Сб. Общие и региональные вопросы геологии. Проект Федеральной целевой программы "Интеграция". М.: ГЕОС, 1999. С. 102–108.
2. *Кругляк В.Ф., Куделькин В.В., Шипелькевич Ю.В.* Структурные провинции Российского сектора Чукотского моря по данным комплексных геофизических исследований. Междунар. геофиз. конф. Тез. докл. СПб., 2000. С. 342–344.
3. *Натальин Б.А.* // Геотектоника. 1999. № 6. С. 76–93.
4. *Хаин В.Е.* Тектоника континентов и океанов. М.: Науч. мир, 2001. 606 с.
5. *Шипелькевич Ю.В.* О принципиальных подходах к интерпретации региональных сейсмических данных в слабоизученных районах Арктического шельфа. Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. В. 3. С. 169–181.
6. *Burlin Yu.K., Sokolov B.A.* // Polarforschung. 2001. Bd. 69. S. 149–154.
7. *Shipelkevitch Yu.V., Kudel'kin V.V., Kruglyak V.F., Shipelkevitch I.V.* Structure, evolution and hydrocarbon potential of sedimentary basin on the Russian Chukchi Shelf. Abstr. III Intern. Conf. on Arctic Margins, Bremerhaven, 1998.
8. Undiscovered Oil and Gas Resources, OSS Monograph MMS 98–0054 / K.W. Sherwood. Anchorage: Alaska Federal Offshore; U.S. Department Interior Minerals Management Service Alaska OCS Region, 1998. 381 p.