УДК 551.7.022.4(268.53)

# Шкарубо С.И., Заварзина Г.А.

ОАО «Морская арктическая геологоразведочная экспедиция» (ОАО «МАГЭ»), Мурманск, Poccus, sergeysh@mage.ru, zavarzinag@mage.ru

# СТРАТИГРАФИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА СЕЙСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ ШЕЛЬФА МОРЯ ЛАПТЕВЫХ

К настоящему времени отсутствует общепринятая точка зрения относительно прослеживания в разрезе осадочного чехла западной части шельфа моря Лаптевых отражающих горизонтов и, тем более, их стратиграфическая привязка. Со времени проведения первых сейсмических работ МОВ ОГТ различными исследователями были выделены многочисленные отражающие границы. Эти горизонты разнообразно индексированы и датированы в диапазоне от рифея до кайнозоя. Появление новых данных (с 2005 г. МАГЭ отработано более 11 тыс. км профилей МОВ ОГТ) привело к возникновению новых вариантов стратификации осадочного чехла. Представленная ниже авторская схема строения осадочного чехла западной части шельфа моря Лаптевых является дополнительным доводом в пользу одной из концепций строения Лаптевского бассейна.

Ключевые слова: сейсмостратиграфический комплекс, отражающий горизонт, осадочный чехол, складчатое основание, Лаптевский бассейн, Евразийский бассейн, Западно-Лаптевская рифтовая система.

Представления о строении осадочного бассейна моря Лаптевых укладываются в дветри концепции. Согласно первой, в западной части Лаптевского шельфа расположен перикратонный массив Сибирской платформы. Эта точка зрения обоснована более четверти века назад геологами НИИГА-ВНИИОкеангеология и изложена В.А. Виноградовым [Геологическое строение СССР..., 1984]. Позднее в рамках этой концепции были интерпретированы первые сейсморазведочные профили МАГЭ [Иванова, Секретов, Шкарубо, 1989], а затем и сейсмические разрезы, полученные СМНГ. Дальнейшее развитие она получила в работах Д.В. Лазуркина и Б.И. Кима, которые остаются ее последовательными сторонниками [Лазуркин, 1998; Ким, Иванова, 2000; Геология и полезные ископаемые..., 2004]. Согласно этой модели, осадочный чехол в западной части шельфа включает рифейско-нижнекаменноугольный, нижнекаменноугольно-нижнемеловой комплексы (параплатформенные) и верхнемеловой-четвертичный комплекс (плитный), который в восточной части шельфа залегает на позднемезозойском складчатом основании. Граница между западной и восточной зонами шельфа проходит по разлому Лазарева. С этих же позиций, с некоторыми оговорками, изложен материал в предшествующем издании Госгеолкарты [Государственная геологическая карта..., 2001, лист S-50-52].

В рамках другой концепции предполагается, что осадочный чехол шельфа моря Лаптевых повсеместно сложен эпипозднекиммерийским комплексом \_ аптскопозднемеловыми-кайнозойскими отложениями, залегающими в западной части на покровноскладчатом основании мезозоид Верхоянья. Эти представления получили распространение после проведения в 1993-1994 и 1997 гг. совместных исследований Федерального института природных ресурсов Германии (BGR) и «Севморнефтегеофизики» [Hinz et al., 1997]. Подробной аргументации данной концепции, начиная с 2000 г., посвящает свои работы С.С. Драчев [Драчев, 2000, 2002]. К этой же позиции приходят В.А. Виноградов и Ю.В. Горячев, положив ее в основу серийной легенды [Виноградов, Драчев, 2000; Легенда Лаптево-Сибироморской серии..., 2000]. Позднее высокую степень обоснованности этой концепции отмечает Т.А. Андиева [Андиева, 2008], анализируя особенности структуры Лаптевского осадочного бассейна в связи с перспективами нефтегазоносности.

Третья, не столь широко известная, концепция сформулирована В.И. Устрицким [Устрицкий, 2000] со ссылкой на работу К. Фудзиты и Д. Кука [Fujita, Cook, 1990]. По его представлениям, западную часть шельфа подстилает океанический фундамент, перекрытый слабо деформированным «верхоянским» комплексом среднего карбона – нижнего мела. Выше чехол наращивается постваланжинским комплексом межгорных прогибов и кайнозойскими отложениями: палеогеновыми в грабенах и неоген-четвертичными покровными толщами.

Обоснование авторской схемы строения осадочного чехла западной части шельфа моря Лаптевых преследует цель привести дополнительные доводы в пользу второй из концепций строения Лаптевского бассейна.

Выбор позиции авторов (составителей листа S-50 Государственной геологической карты) был определен новыми фактическими данными. Полученные в 2005-2009 гг. материалы многоканальной сейсморазведки, особенно в западной (рис. 1), практически неизученной ранее части шельфа, представляют веские аргументы, доказывающие состоятельность именно этой концепции.

По характерным особенностям волнового поля на временных разрезах Лаптевского бассейна авторами выделены крупные сейсмостратиграфические подразделения - сейсмокомплексы, которые ограничены хорошо выраженными (опорными) поверхностями несогласий: нижний между отражающими горизонтами «А» и «L2», средний между горизонтами «L2» и «L4» и верхний между горизонтом «L4» и дном моря. Внутренними отражениями сейсмокомплексы подразделяются на ряд подкомплексов.



Рис. 1. Геолого-геофизическая изученность шельфа моря Лаптевых и прилегающей территории 1 - профили МОВ ОГТ ОАО МАГЭ: а) 1985-1986 гг., 1988 г., б) 1986-1990 гг.; 2 - профили МОВ ОГТ ОАО МАГЭ: а) 2005 г.; б) 2006 г.; в) 2007 г.; 3 - профили региональной увязки а) А4, б) А7; 4 - профили МОВ ОГТ других организаций: а) ЛАРГЭ, 1989 г., б) СМНГ, 1989, 1991 г., в) СМНГ и BGR и СМНГ, 1994 г., 1997 г.; 5 - изобаты; 6 - скважины глубокого бурения: Кср-1 – Костроминская, Снд-201 – Сындасская, Хрд – Хорудалахская, Ю-См – 10 – Южно-Соулемская, ССм- Северо-Соулемская, Кж-Кожевниковская, ЮТг-150-Р – Южно-Тигянская, 2370 – Усть-Оленекская.

Наиболее отчетливо и убедительно различия волновой картины верхней части разреза, отождествляемой с осадочным чехлом, и нижней, которую можно сопоставить со складчатым основанием, наблюдаются на концах профилей, расположенных в непосредственной близости от складчатого обрамления Лаптевского бассейна. На профилях

200602 (ПК 200-1000), 200711 (ПК 100-700) граница раздела двух резко отличающихся типов записи (отражающий горизонт «А») выглядит как поверхность денудационного среза с явно выраженным угловым несогласием и, как правило, отличается высокими динамическими свойствами (рис. 2, 3). В юго-западном и северо-западном направлении, соответственно, эта граница поднимается до отметок 1200-1100 м, с тенденцией выхода через 10-30 км на поверхность дна, где в ядрах антиклиналей, по экстраполяции складок с прилегающей суши, обнажаются пермские, а на крыльях - триасовые и юрские образования Чернохребетнинской складчатой зоны. Таким образом, становится совершенно очевидно, что отражающий горизонт «А» не может быть ничем иным, как поверхностью денудационного среза в кровле позднекиммерийских образований Восточнотаймырско-Оленекской складчато-надвиговой системы (рис. 4).



**Рис. 2. Фрагмент глубинного разреза по профилю 200602** *1 - отражающие горизонты; 2 – разломы.* 



Рис. 3. Фрагмент глубинного разреза по профилю 200711

В северо-восточном и юго-восточном направлении кровля складчатых образований погружается до 4-6 км, а в наиболее глубоких впадинах – до 8-10 км и более. Выше этой поверхности повсеместно залегает в целом однородная по стилю сейсмической записи и тектонических деформаций слоистая последовательность, представленная выдержанными отражениями, что, безусловно, свидетельствует в пользу сопоставления этого интервала сейсмического разреза с осадочным чехлом эпипозднекиммерийской платформы. Далее рассмотрим факты, которые не оставляют возможности иного толкования возраста данного (выше горизонта «А») интервала разреза, как то: отнесение нижних толщ к вендскопалеозойским или каменноугольно-нижнемеловым образованиям.

На профиле 200711 (рис. 3) видно, что два нижних отражающих горизонта в осадочном чехле («L1» и «L2») последовательно налегают на поверхность складчатого основания, при этом мощность нижнего сейсмокомплекса (заключенного между горизонтами A-L2) сокращается от 4 км до 500-200 м и полного выклинивания. Следовательно, этот выклинивающийся на поднятиях Лено-Таймырской области сейсмокомплекс не может быть отнесен ни к среднекаменноугольно-нижнемеловому «верхоянскому» комплексу, ни, тем более, к венд-нижнекаменноугольной платформенной толще отложений, которые повсеместно развиты на Сибирской платформе и во фронтальных надвигах Верхояно-Колымской складчатой области, имея там мощность несколько км.

5



1 - Тустахская моноклиза (северный склон); 2 - Хатагско-Ленский перикратонный мегапрогиб; 3 -Восточнотаймырско-Оленекская складчато-надвиговая система; 4 - Лено-Таймырская область пограничных поднятий; 5 - Западно-Лаптевская рифтовая система; 6 – Таймырская складчатая система; 7 – разломы достоверные; 8 – разломы предполагаемые; 9 – границы тектонических элементов, не совпадающие с разломами; 10 – профили МОВ ОГТ. Цифры на карте: І - Сибирская платформа, II - Верхоно-Колымская складчатая область, III - Хатангско-Лаптевоморская эпипозднекиммерийская платформа, IV - Таймыро-Североземельская складчатая область.

В то же время, ниже поверхности, маркируемой отражающим горизонтом «А», во многих местах прослеживаются яркие, протяженные рефлекторы, резко несогласные по отношению к подошве чехла (профили 200711, ПК 800-1600; 200717, ПК 2500-3300) и характеризующие внутреннюю слоистость складчатого основания. На фрагменте разреза по профилю 200615 (ПК 5000-8500) на глубине 4,5-7 км выделяется пакет высокоамплитудных отражений мощностью 1000-1500 м, имеющих характерную «зеркальную» форму рельефа по отношению к горизонту «А» (рис. 5). Заключенный между ними интервал разреза также содержит протяженные отражения, но меньшей интенсивности и выглядит относительно «прозрачным». Мощность этого интервала изменяется от 1200 до 2700 м, что сопоставимо с мощностью среднекаменноугольно-нижнемеловых отложений «верхоянского» комплекса Чернохребетнинской и Прончищевской СФЗ на прилегающей суше. Нижний пакет отражений повышенной динамической выразительности может быть соотнесен с терригенно-карбонатными отложениями венда-нижнего карбона.



Рис. 5. Фрагмент глубинного разреза по профилю 200615

Таким образом, предполагаемое сторонниками первой концепции распространение перикратонных комплексов (отложений рифея, венда-нижнего карбона и среднего карбонанижнего мела) в западной части моря Лаптевых не столь уж далеко от истины. Однако, как показали приведенные здесь материалы, эти отложения в позднекиммерийскую эпоху испытали складчато-надвиговые деформации различной интенсивности, входят в состав складчатого основания и залегают, кроме Лено-Таймырской области пограничных поднятий,

© Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. -Т.6. - №2. - http://www.ngtp.ru/rub/2/14\_2011.pdf

на больших глубинах под аптско (?) - верхнемеловыми и кайнозойскими толщами суммарной мощностью от 4-6 до 12-14 км. И, хотя в глубоких прогибах Лаптевской рифтовой системы отражающий горизонт «А» прослеживается не столь уверенно и однозначно, это обстоятельство не может существенно повлиять на систему приведенных аргументов в пользу оценки возраста осадочного чехла Лаптевского бассейна. Собственно чехольные отложения, даже если к ним относить образования орогенной стадии – молассы межгорных прогибов, не древнее верхов раннего мела.

Намного сложнее оказывается, исходя только из сейсмических данных, обосновать стратиграфическую последовательность отдельных подразделений осадочного чехла. Несмотря на безоговорочное признание факта, что чехол моря Лаптевых сформирован после завершения позднекиммерийской складчатости в Верхояно-Колымской области, разногласия между приверженцами второй концепции в том, какую часть чехла занимают меловые толщи, а какая остается на долю палеоген-неогеновых и четвертичных отложений, весьма значительны.

При этом, по сути, все исследователи выделяют и прослеживают в разрезе осадочного чехла, с небольшими вариациями, одни и те же опорные отражающие горизонты, но различно оценивают возраст заключенных между ними сейсмостратиграфических подразделений: первые полностью относят весь разрез к кайнозою, вторые допускают присутствие в низах разреза верхнего мела, третьи обосновывают преимущественное распространение аптско - верхнемеловых толщ.

На схеме корреляции сейсмических горизонтов (рис. 6) показан авторский вариант стратификации выделенных подразделений, сопоставленный с интерпретацией специалистов BGR [Hinz et.al., 1997], ЛАРГЕ [Драчев, 2000] и ВНИИОкеангеология [Легенда Лаптево-Сибироморской серии..., 2000].

Для примера интерпретации сейсмического разреза выбран переобработанный фрагмент профиля МАГЭ-87722, тот же самый, который приводился в качестве иллюстрации к легенде Лаптево-Сибироморской серии [Легенда Лаптево-Сибироморской серии..., 2000]. Как и в серийной легенде, на схеме выделяется 7 отражающих горизонтов (A, L1-L6). На одной линии расположены горизонты, прослеженные по различным материалам (или разными авторами) на одинаковых временах. К однозначно опознаваемым всеми авторами относятся горизонты «А» (Л-I, LS<sub>1</sub>), «L3» (Л-III, LS<sub>2</sub>), «L4» (L-IV, LS<sub>3</sub>).



Рис. 6. Фрагмент глубинного разреза по профилю 87722. Корреляция сейсмических горизонтов, выделенных по работам МОВ ОГТ на шельфе морей Лаптевых и Восточно-Сибирского, континентальных склонах и глубоководных котловинах Северного Ледовитого океана 1 - опорные сейсмические горизонты; 2 - промежуточные горизонты; 3 - нижний сейсмоакустический горизонт.

Модели стратификации чехла К. Хинца [Hinz et al., 1997] и С.С. Драчева [Драчев, 2000, 2002] концептуально близки между собой, исходя из синхронности формирования осадочного чехла моря Лаптевых раскрытию Евразийского суббассейна Северного Ледовитого океана в позднем палеоцене около 58-56 млн. лет назад. При этом С.С. Драчев (2000) предполагает, что процессы рифтогенеза в море Лаптевых имели место уже в конце позднего мела, за 10-15 млн. лет до начала спрединга в Евразийском суббассейне. Таким образом, в этих моделях осадочный чехол представлен либо полностью кайнозойскими отложениями [Hinz et al., 1997], либо с присутствием в низах грабенов отложений маастрихта - палеоцена [Драчев, 2000]. Предполагаетый возраст сейсмокомплексов обоснован, главным образом, корреляцией отражающих горизонтов с региональными несогласиями, обусловленными тектоническими событиями в Арктике – в глубоководных бассейнах и прилегающих районах суши. Верхний покровный сейсмокомплекс, нивелирующий блоковый рельеф подстилающей поверхности (горизонты 4, LS<sub>3</sub>), сопоставляется с отложениями среднего миоцена – плиоцена.

В модели строения осадочного чехла, разработанной В.А. Виноградовым и Ю.В. Горячевым в серийной легенде [Легенда Лаптево-Сибироморской серии..., 2000], в этот же интервал разреза, выше горизонта «Л-IV», укладывается весь кайнозой, а основной объем осадочного чехла в грабенах, по их мнению, накоплен в позднемеловую эпоху. Выбор этого горизонта в качестве главного репера в разрезе, отталкиваясь от которого, авторы легенды обосновывают привязку остальных несогласий, базируется на его сопоставлении с региональной поверхностью выравнивания с развитием коры выветривания, сформированной на рубеже мела и палеогена. Накопление на шельфе моря Лаптевых мощных меловых толщ они связывают с интенсивным сносом обломочного материала из области позднемезозойского орогена, проводя аналогию с бассейнами Восточно-Сибирского и Чукотского морей. Однако некоторые факты не очень просто укладываются в рамки такой модели.

Структурные связи Евразийского бассейна с шельфом моря Лаптевых, имеющим типичное для торцевых окраин строение с главным осевым рифтом, ориентированным поперечно к континентальному склону, очевидны. Если Лаптевский бассейн был сформирован в мелу, начиная с апта или баррема, а кайнозойский сейсмокомплекс имеет покровный характер и мощность 600-1500 м, то как объяснить практическое отсутствие влияния процессов раскрытия Евразийского бассейна на континентальную окраину, ортогонально сопряженную с хребтом Гаккеля? Остается допустить, по выражению В.А. Виноградова с соавторами [Виноградов и др., 2008] «совершенно «крамольную» на первый взгляд мысль о структурном заложении Евразийского суббассейна одновременно с Лаптевским бассейном, а именно в середине раннемеловой эпохи».

В континентальных районах, прилегающих к Лаптевскому бассейну, в грабенах известны только кайнозойские отложения, начиная с эоцена, реже палеоцена [Палеоген и неоген..., 1989].

Прослеживание отражающего горизонта «L4» (которому соответствует Л-IV) из области шельфа в район континентального склона показывает, что ограниченный им сверху сейсмокомплекс (меловой, по Легенде Лаптево-Сибироморской серии..., 2000) перекрывает выступы акустического фундамента на окончании осевой зоны хребта Гаккеля. Столь широкое, до гребневой зоны срединно-океанического хребта, распространение меловых отложений в Евразийском суббассейне маловероятно, хотя идеи, альтернативные его спрединговой природе, имеют своих сторонников [Поселов, Буценко, Павленкин, 1998].

Сопоставление разреза по профилю А7 вдоль хребта Ломоносова с интерпретацией сейсмических данных, принятой в настоящей работе, дает основание считать, что подошва кайнозойских отложений, которая на хребте Ломоносова вскрыта скважиной [Backman et al., 2006], расположена на шельфе моря Лаптевых ниже поверхности «L4» (Л-IV, 4, LS<sub>3</sub>) и находится, по меньшей мере, на уровне отражающего горизонта «L2» (или «2», по С.С. Драчеву, 2000).

Таким образом, на основании вышеизложенных фактов и рассуждений, авторы настоящей работы считают допустимым принять собственную, несколько отличающуюся модель стратификации осадочного чехла Лаптевского бассейна. Основное отличие авторской модели состоит в том, что предполагаемый объем ранне-позднемеловых отложений ограничивается нижним сейсмокомплексом A-L2. Выше залегающие сейсмокомплексы (L2-L4 и L4-дно моря) полностью относятся уже к кайнозою. Стратиграфический объем входящих в них подразделений (подкомплексов) практически полностью соответствует принятым в серийной легенде возрастным интервалам, но со сдвигом вниз по разрезу.

# Характеристика опорных горизонтов и сейсмокомплексов

По структурным и сейсмофациальным особенностям в разрезе осадочного чехла Лаптевского бассейна обособляются три сейсмокомплекса, ограниченные поверхностями несогласий - опорными отражающими горизонтами. Стратиграфическая привязка отражающих горизонтов выполнена на основе истории развития региона, перерывов в осадконакоплении, установленных на материковом и островном обрамлении, а также анализа разрезов скважин, пробуренных в океаническом бассейне СЛО на хребте Ломоносова.

Отражающий горизонт «А» в подошве сейсмокомплекса A-L2 на временных сейсмических разрезах прослеживается с различной степенью уверенности на всех профилях и отличается значительными колебаниями амплитудных характеристик: от динамически выраженных до слабоамплитудных, невыразительных отражений. Этому горизонту близко соответствует горизонт «LS<sub>1</sub>», в интерпретации специалистов BGR [Hinz et al., 1997] выделенный как основание рифтовых бассейнов. В работах С.С. Драчева (2000, 2002) горизонт «А» (отсюда нами заимствован этот индекс) показан как кровля акустического фундамента (поверхность складчатых комплексов, образующих тектоническое основание рифтовой системы моря Лаптевых). Согласно «Легенде Лаптево-Сибироморской серии листов…» эта поверхность индексирована «Л-І».

В рамках листа S-50 отражающий горизонт «А» наиболее уверенно, как поверхность стратиграфического несогласия, углового И маркируемая высокоамплитудным низкочастотным двухфазным отражением, выделяется в Лено-Таймырской области пограничных поднятий. Под поверхностью денудационного среза на отдельных участках прослеживаются группы протяженных «шероховатых» отражений, характеризующих реликтовую слоистость складчатого основания (рис. 3). Присутствие слабо деформированных (полого-складчатых) палеозойско-мезозойских образований, залегающих в основании чехла, видно на редких фрагментах разрезов, но проследить этот комплекс по площади нереально. Поэтому в целом отражающий горизонт «А» можно считать акустическим фундаментом. На этой границе отмечается резкий скачок интервальных скоростей МОВ ОГТ: от 3,6 км/с в нижней части осадочного чехла до 4,2 км/с в предполагаемой палеозойско-мезозойской толще складчатого основания. Для сравнения, в Лено-Анабарском прогибе, судя по каротажу скв. Чарчыкская, средние пластовые скорости в пермских терригенных отложениях составляют 3,60 км/с, в карбонатных кембрийских -4,2 км/с, терригенно-карбонатных верхнепротерозойских – 5,4 км/с [Государственная геологическая карта..., 2001, лист S-50-52].

*Отражающий горизонт «L2»* в кровле сейсмокомплекса уверенно прослеживается в пределах Западно-Лаптевского бассейна, являясь динамически выраженным и опознаваемым репером (рис. 2, 3, 5). Он разграничивает интервал разреза, насыщенный отражениями средней и высокой интенсивности и вышележащую акустически «прозрачную» толщу. Ранее на профилях ЛАРГЕ близкий по расположению в разрезе рефлектор с индексом «2» был

выделен С.С. Драчевым (2000). Характерную особенность горизонту «L2» придают интенсивные деформации постседиментационными сбросами и сбросо-сдвигами. По меньшей мере, на роль позднемелового-раннепалеоценового пенеплена эта поверхность по своим морфологическим и динамическим характеристикам подходит ничуть не хуже, чем принятый в серийной легенде горизонт «Л-IV».

Сейсмокомплекс A-L2 практически полностью компенсирует изометричные впадины Южно-Лаптевской зоны прогибов, достигая в центрах депрессий мощности 7-10 км. В северо-восточном направлении его кровля регионально погружается от 0,6-1,5 км до 4,1 км (за пределами рамки листа – до 5-6 км), а мощность уменьшается до 2-4 км.

Следует отметить, что столь специфические черты строения сейсмокомплекса A-L2 позволили творческому коллективу нефтяной компании «Роснефть» [Малышев и др., 2008] отнести эту часть разреза к «перикратонному этажу» пермско-раннемелового возраста. Выше показано, что новые фактические данные противоречат такому утверждению. Однако, авторы полностью согласны с тем, что по сейсмическим материалам в разрезе чехла моря Лаптевых четко выделяются три структурных этажа (сейсмокомплекса), а не два, как представлялось ранее [Драчев, 2000; Легенда Лаптево-Сибироморской серии..., 2000]. Три сейсмокомплекса выделяет в чехле и Т.А. Андиева (2008).

*Отражающий горизонт «L1»* разделяет сейсмокомплекс A-L2 на два подкомплекса. Он более или менее достоверно прослеживается в глубоких прогибах, а на поднятиях часто проведен условно; по краям бассейна и на отдельных выступах прекращает прослеживаться по схеме подошвенного налегания или тектонического среза (рис. 2). Этот (или близкий к нему) горизонт выделялся в работе С.С. Драчева (2000) с индексом «1» и датировался рубежом палеоцена и эоцена - временем раскола континентальной коры и началом спрединга в Евразийском бассейне.

Нижний подкомплекс A-L1, относительно «прозрачный», заполняет депрессии и облекает выступы фундамента. В волновом поле характеризуется изменчивостью амплитудно-частотных параметров: от почти «немой» толщи в одних блоках до выраженных отражений разной интенсивности в других. Интервальные скорости по данным МОВ ОГТ составляют 3,6 км/с. По структуре и характеру отражений этот интервал разреза вполне может быть сопоставлен с грубообломочными терригенными угленосными формациями орогенной стадии становления мезозоид. В Лено-Анабарском предгорном прогибе молассоидные континентальные угленосные (преимущественно аллювиальные косослоистые) толщи, характеризующие синорогенный этап, накапливались с апта-альба.

Поскольку ближайшими аналогами разреза подкомплекса A-L1 могут быть отложения от лукумайской до чарчыкской свит альб-сеноманского возраста, его стратиграфический диапазон мы ограничиваем предположительно нижним - верхним мелом.

Верхний подкомплекс L1-L2 представляет собой толщу с подошвенным прилеганием косослоистых отражений: от прерывистых до протяженных с изменчивой, в основном низкой, частотой. Толща насыщена отдельными высокоамплитудными отражениями, особенно в пределах Южно-Лаптевской зоны прогибов. В Трофимовской зоне поднятий отражения становятся более выдержанными, высокочастотными и также насыщены отдельными яркими осями синфазности. Их видимое падение указывает на поступление материала с восточных направлений, где в позднемеловую эпоху продолжалось интенсивное складко-горообразование В пределах Верхояно-Колымской складчатой области [Государственная геологическая карта..., 2001, лист S-50-52]. Анализ волновой картины позволяет предположить аллювиально-дельтовые условия осадконакопления; внутри толщи прослеживаются поверхности несогласий, указывающие на многоэтапность формирования отложений дельтовых систем. Низкочастотные высокоамплитудные яркие отражения можно связать с пластами песчаника, залегающими среди глинистых пород (рис. 2, 3). Интервальные скорости – 3,1 км/с.

Степень метаморфизма углей в самой молодой чарчыкской свите свидетельствует о былом существовании и в Лено-Анабарском прогибе мощной верхнемеловой толщи. Этот подкомплекс вполне мог быть сформирован в течение позднемеловой эпохи, если допустить, что к северо-востоку от Оленекско-Прончищевской складчато-надвиговой зоны и погребенной Лено-Таймырской области поднятий в это время уже начались устойчивые нисходящие движения и образовался крупный бассейн, аналогичный Лено-Анабарскому прогибу.

Конец позднемеловой эпохи знаменуется выравниванием рельефа. Отложения верхних ярусов мела и палеоцена в большинстве районов на суше отсутствуют. К палеоценовым отложениям относят кору выветривания, сохранившуюся во впадинах, как на Сибирской и в Верхояно-Колымской складчатой области Государственная платформе, так геологическая карта..., 2001, лист S-50-52]. В условиях регионального пенеплена, по мнению В.А. Виноградова [Легенда Лаптево-Сибироморской серии..., 2000], не могли накапливаться отложения сколь либо значительной мощности, и потому основная часть чехла приходится на верхнемеловые отложения. Однако, в то время как в раннем кайнозое обширные области, окружающие море Лаптевых, испытывали эрозию И пенепленизацию, сегодня

эродированный материал вполне мог аккумулироваться в формирующихся грабенах на шельфе, как предполагал С.С. Драчев (2000).

Поэтому, учитывая также и вероятность существования в позднемеловую эпоху в пределах современного шельфа горной страны, где осадконакопление могло происходить только в межгорных впадинах [Государственная геологическая карта..., 2001, лист S-50-52], авторы полагают, что возраст подкомплекса L1-L2 можно оставить под вопросом, как верхний мел (?) - палеоцен. Безусловно, точку в этих рассуждениях может поставить только параметрическая скважина.

*Отражающий горизонт «L4»*, ограничивающий **сейсмокомплекс L2-L4** в кровле, уверенно прослеживается на площади шельфового бассейна и представляет собой яркое, высокоамплитудное динамически выдержанное отражение с отчетливыми признаками эрозионного среза (рис. 2, 3). Налегание горизонта «L4» на подстилающую поверхность «L2» (выклинивание сейсмокомплекса) установлено в пределах листа S-50 на локальном участке Хараулахско-Таймырской зоны горстов и грабенов. По сходным амплитудно-частотным характеристикам и морфологическим особенностям рефлектор «L4» соответствует горизонтам «4» и «LS<sub>3</sub>» на профилях ЛАРГЕ и BGR соответственно. В «Легенде Лаптево-Сибироморской серии…» - это горизонт Л-IV (рис. 6).

Характерный блоковый рельеф поверхности «L4» отражает последний наиболее значительный импульс растяжения со сдвигом, со смещением активности тектонических напряжений в восточном направлении. Возобновление рифтогенеза на шельфе моря Лаптевых связывают с ускорением спрединга в Евразийском бассейне в раннем-среднем миоцене, после эпохи олигоценовой реорганизации океанообразования [Драчев, 2000; Буценко, 2006]. Резкое отличие характера сейсмической записи выше горизонта «L4» в верхнем покровном этаже чехла свидетельствует о значительных изменениях условий осадконакопления. Такое скачкообразное изменение характеристик осадочных пород установлено в разрезе буровых скважин на хребте Ломоносова выше поверхности перерыва между средним эоценом – ранним миоценом [Backman et al., 2006]. По интерпретации Б.И. Кима и З.И. Глезер, из разреза этих скважин выпадают отложения верхнего олигоцена - нижнего миоцена [Ким, Глезер, 2007].

В прилегающих районах суши контрастно проявлена поверхность несогласия в среднем миоцене, ограничивающая в кровле нерпичинскую свиту [Легенда Лаптево-Сибироморской серии..., 2000]. С этим же несогласием на уровне среднего миоцена С.С. Драчев (2000)

сопоставляет горизонт «4». Поэтому, принимая во внимание вышеизложенное, мы также связываем опорный горизонт «L4» с предсреднемиоценовым несогласием.

Мощность сейсмокомплекса L2-L4, по сравнению с подстилающим сейсмокомплексом A-L2, наоборот, увеличивается на северо-восток от 0,5-1,0 км до 2,5-3,5 км, компенсируя грабены Усть-Ленской рифтовой зоны. В этом же направлении происходит и снос осадков. Комплекс в целом имеет черты синрифтового накопления и, от кровли до подошвы, дислоцирован многочисленными разломами.

*Отражающий горизонт «L3»* разделяет этот интервал разреза на два подкомплекса, резко отличающихся по волновой картине: акустически прозрачную толщу внизу и насыщенную протяженными высокоамплитудными рефлекторами - вверху. Горизонт представлен поверхностью несогласия эрозионного типа с элементами кровельного прилегания; он прослеживается в подошве пакета протяженных отражений разной частоты и амплитуды в пределах Западно-Лаптевской рифтовой системы, и менее уверенно - в западной части Лено-Таймырской области поднятий. Горизонту «L3» по времени регистрации близко соответствуют рефлекторы «LS<sub>2</sub>» «З» и «Л-Ш» (рис. 6). Характер этого горизонта позволяет связать его с несогласием между эоценом и олигоценом.

Подкомплекс L2-L3 выглядит акустически прозрачной толщей с редкими яркими отражениями. Такой характер волновой картины позволяет предположить, что отложения формировались в низкоэнергетической обстановке и представлены преимущественно глинистыми толщами, а отдельные динамически выраженные рефлекторы соответствуют пропласткам песчаников. Интервальные скорости составляют 2,5-2,6 км/с. В подкомплексе выделяются аномалии сейсмической записи типа «яркое пятно», которые часто расположены вблизи разломов, или прямо «упираются» в нарушения. Возраст подкомплекса L2-L3, по ограничивающим его несогласиям, палеоцен (?) - эоцен.

Подкомплекс L3-L4 характеризуется чередованием низкочастотных интенсивных отражений с высокочастотными отражениями, что свидетельствует об изменчивости мощности пластов по вертикали. Интервальные скорости – 2,2-2,4 км/с. Минимальные мощности комплекса (150-300 м) наблюдаются в юго-западной части Лено-Таймырской области пограничных поднятий, а при переходе через Трофимовскую зону поднятий на северо-восток площади мощность олигоцен-среднемиоценового подкомплекса увеличивается до 1,5 км. Отражения становятся более высокочастотными. Наблюдается проградация осадков в сторону континентального склона. «Яркие пятна», как и в

подстилающем подкомплексе, приурочены к разрывным нарушениям. Стратиграфический диапазон подкомплекса принимается от позднего олигоцена до среднего миоцена.

Верхний, покровный, **сейсмокомплекс L4** – **дно моря** перекрывает с трансгрессивным налеганием в подошве высокоотражающую толщу, заполняя грабены и полностью нивелируя блоковый рельеф подстилающей поверхности «L4». Сейсмокомплекс в целом отличается акустической прозрачностью, за исключением самой верхней части мощностью до 200 м. Внутри сейсмокомплекса прослежен рефлектор «L5» и, условно, в подошве реверберационного пакета отражений под дном моря, горизонт «L6».

Отражающий горизонт L5 динамически выражен слабо, однако выделяется как отчетливая поверхность «эрозионного среза» практически на всей площади шельфа. Наиболее глубокий денудационный срез нижележащих сейсмостратиграфических подразделений наблюдается в восточной части шельфа (за пределами листа S-50), где рефлектор «L5» последовательно «срезает» все горизонты, вплоть до акустического фундамента. На схеме корреляции сейсмических горизонтов (рис. 6) горизонт «L5» соответствует горизонту «Б» и «Л-V». С.С. Драчев (2000) коррелирует горизонт «Б» с несогласием между миоценом и плиоценом. Конец позднего миоцена – этап глобального понижения уровня Мирового океана, вызвавший осушение шельфов, известный в геологической литературе как «мессинская регрессия». Поэтому, сопоставление отражающего горизонта «L5» с данным событием вполне логично.

Подкомплекс L4-L5, соответственно, мы относим к среднему - верхнему миоцену. Волновая картина средне-верхнемиоценового подкомплекса характеризуется преимущественно слабыми непротяженными отражениями. На отдельных участках присутствует слоистость; местами запись насыщена яркими низкочастотными, непротяженными отражениями. Интервальные скорости - 2,0-2,1 км/с. Разрывные нарушения иногда проникают выше поверхности «L5». Максимальные мощности (1,0-1,2 км) приурочены к наиболее погруженным частям Западно-Лаптевской рифтовой системы. В пределах Лено-Таймырской области пограничных поднятий мощность подкомплекса значительно уменьшается (до 150 м). В восточной части моря Лаптевых (за пределами листа) средне-верхнемиоценовый подкомплекс на поднятиях полностью выклинивается.

Подкомплекс L5-дно моря (плиоцен-четвертичный) трансгрессивно перекрывает нижележащие отложения, представляя собой покровную толщу с плавными изменениями мощности от 300 до 800 м. На востоке моря Лаптевых подкомплекс ложится непосредственно на выступы складчатого основания или перекрывает более древние толщи

чехла. Подошва этой толщи нарушена немногочисленными малоамплитудными разломами, на некоторых профилях имеет характерную «изрезанную» форму. Нижняя часть интервала (нижне-среднеплиоценовая) отличается «прозрачной» записью, непосредственно под поверхностью дна моря прослеживается пачка интенсивных высокочастотных отражений, которые местами прерываются вертикальными зонами потери корреляции. В подошве этой пачки условно проведен отражающий горизонт «L6», выше которого залегают верхнеплиоцен (?) - четвертичные отложения. Интервальные скорости в подкомплексе составляют 1,6-1,7 км/с.

Таким образом, в осадочном чехле Лаптевоморского бассейна выделяются три сейсмостратиграфических комплекса: меловой – палеоценовый между отражающими горизонтами «А» и «L2», палеоцен-среднемиоценовый между горизонтами «L2» и «L4» и среднемиоцен-плейстоценовый между горизонтами «L4» и дном моря.

По характеру волновой картины сейсмокомплексы подразделены на подкомплексы: нижне (?) - верхнемеловой, верхнемеловой (?) - палеоценовый, палеоцен (?) - эоценовый, верхнеолигоцен-среднемиоценовый, средне-верхнемиоценовый и плиоцен-четвертичный, условно разделенный на две сейсмотолщи: нижне-среднеплиоценовую, верхнеплиоценчетвертичную.

#### Литература

Андиева Т.А. Тектоническая позиция и основные структуры моря Лаптевых // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2008. – Т.3. - №1. - http://www.ngtp.ru/rub/4/8\_2008.pdf.

Буценко В.В. Сейсмостратиграфическая датировка главных тектонических событий в Арктическом океане // Геофизический вестник, 2006. - № 11. - С. 8-16.

Виноградов В.А., Горячев Ю.В., Гусев Е.А., Супруненко О.И. Осадочный чехол Восточно-Арктического шельфа России и условия его формирования в системе материк-океан. –60 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане (под. ред. В.Л. Иванова). - СПб.: ВНИИОкеангеология, 2008. - С. 63-78.

Виноградов В.А., Драчев С.С. К вопросу о тектонической природе фундамента юго-западной части моря Лаптевых // Доклады РАН, 2000. - Т. 372. - № 1. - С. 72-74.

Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых, Моря Советской Арктики / Под ред. И.С. Грамберга, Ю.Е. Погребицкого. - Ленинград: Недра, 1984. - Т.9. - 280 с.

Геология и полезные ископаемые России. Т.5. Арктические и дальневосточные моря. Кн. 1. Арктические моря / Под ред. И.С. Грамберг, В.Л. Иванов, Ю.Е. Погребицкий. – СПб.: изд-во ВСЕГЕИ, 2004. - 468 с. (МПР РФ, РАН, ВНИИОкеангеология).

Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000 000 (новая серия). Лист S-50-52 – Быковский. Объяснительная записка. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2001. - 189 с. (МПР России, ФГУНПП «Аэрогеология»).

Драчев С.С. Тектоника рифтовой системы дна моря Лаптевых // Геотектоника, 2000. - №6. - С. 43-58.

Драчев С.С. О тектонике фундамента шельфа моря Лаптевых // Геотектоника, 2002. - №6. - С. 60-76.

© Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. -Т.6. - №2. - http://www.ngtp.ru/rub/2/14\_2011.pdf

Иванова Н.М., Секретов С.Б., Шкарубо С.И. Данные о геологическом строении шельфа моря Лаптевых по материалам сейсмических исследований // Океанология, 1989. - Т.ХХІХ. - Вып. 5. - С. 789-795.

Ким Б.И., Иванова Н.М. О возрасте сейсмокомплексов, выделенных на Лаптевском континентальном склоне и прилегающей части Евразийского бассейна // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. - СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. - Вып. 3. - С. 82-92.

Ким Б.И. Глезер З.И. Осадочный чехол хребта Ломоносова (стратиграфия, история формирования чехла и структуры, возрастные датировки сейсмокомплексов) // Стратиграфия, геологическая корреляция, 2007. - Т.15. - №4. - С. 63-83.

*Лазуркин Д.В.* Структурная позиция и геологическое строение моря Лаптевых // Геологогеофизические характеристики литосферы Арктического региона. - СПб.: ВНИИОкеангеология, 1998. - Вып. 2. - С. 132-134.

Легенда Лаптево-Сибироморской серии листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1000 000 (третье поколение) // Составители: В.А. Виноградов, Е.Е. Мусатов, Ю.В. Горячев. Главный редактор М.К. Косько. – СПб, 2000.

Малышев Н.А., Обметко В.В., Бородулин А.А., Баринова Е.М., Исханов Б.И. Стратификация осадочного чехла шельфа моря Лаптевых и обстановки осадконакопления. – Тезисы 4-ой международной конференции «Нефть и газ арктического шельфа». - Мурманск, 2008.

Палеоген и неоген Северо-Востока СССР. - Якутск: ЯНЦ СО АН СССР, 1989. - 184 с.

Поселов В.А., Буценко В.В., Павленкин А.Д. Альтернатива спрединговой природе Евразийского бассейна по сейсмическим данным (на примере геотрансекта хребет Гаккеля – хребет Ломоносова) // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. - СПб.: ВНИИОкеангеология, 1998. - Вып. 2. - С. 177-183.

*Устрицкий В.И.* К истории формирования современной структуры моря Лаптевых // Геологогеофизические характеристики литосферы Арктического региона. - СПб.: ВНИИОкеангеология, 2000. - Вып. 3. - С. 68–81.

*Backman J., Moran K., McInroy D.B., Mayer L.A.*, and the Expedition 302 Scientists (2006), Artic Coring Expedition (ACEX), Proc. Integr. Ocean Drill. Program, 302, doi:10.2204/iodp. proc.302.2006. - 169 p.

*Fujita K., Cook D.* The Arctic continental margin of eastern Siberia // The geology of North America. The Arctic Ocean Region. Geol. Soc. of America. 1990. - V. L. - P. 289-304.

*Hinz K., Delisle G., Cramer B., Franke D., Fieguth U., Linderman F., Neben S., Toctman H. & Zeibig M.* Cruise report: marine seismic measurements and geoscientific studies on the slope and shelf of the Laptev Sea & East Siberian Sea / Arctic with M.V. "Akademik Lazarev", I.V. "Kapitan Dranitsin", Preliminary scientific results. – BDR-Report, №116.693, 1997. - 161 p.

### Shkarubo S.I., Zavarzina G.A.

JSC «Marine Arctic Geological Expedition» (MAGE), Murmansk, Russia, sergeysh@mage.ru, zavarzinag@mage.ru

# STRATIGRAPHY AND CHARACTERISTICS OF THE SEDIMENTARY COVER SEQUENCES OF THE WESTERN LAPTEV SEA SHELF

To date there is no common point of view on the tracing of the reflectors and their stratigraphic tie within the section of the western Laptev Sea shelf. Numerous reflectors have been identified there by different researchers since CDP reflection technique was applied. These reflectors have various indices and date back to the period from Riphean to Cenozoic. New ways of the sedimentary cover stratification have appeared due to new data obtained by MAGE since 2005 (11000 km of CDP reflection lines). The author's scheme of the sedimentary framework of the western Laptev Sea shelf presented in the article is an additional argument for one of the concepts of the Laptev Sea framework.

*Key words:* seismic sequence, reflector, sedimentary cover, folded basement, the Laptev basin, the Eurasian basin, the West-Laptev rift system.

## References

*Andieva T.A.* Tektoničeskaâ poziciâ i osnovnye struktury morâ Laptevyh // Neftegazovaâ geologiâ. Teoriâ i praktika. - 2008. – T.3. - #1. - http://www.ngtp.ru/rub/4/8\_2008.pdf.

*Bucenko V.V.* Sejsmostratigrafičeskaâ datirovka glavnyh tektoničeskih sobytij v Arktičeskom okeane // Geofizičeskij vestnik, 2006. - # 11. - S. 8-16.

*Vinogradov V.A., Gorâčev Û.V., Gusev E.A., Suprunenko O.I.* Osadočnyj čehol Vostočno-Arktičeskogo šel'fa Rossii i usloviâ ego formirovaniâ v sisteme materik-okean. –60 let v Arktike, Antarktike i Mirovom okeane (pod. red. V.L. Ivanova). - SPb.: VNIIOkeangeologiâ, 2008. - S. 63-78.

*Vinogradov V.A., Dračev S.S.* K voprosu o tektoničeskoj prirode fundamenta ûgo-zapadnoj časti morâ Laptevyh // Doklady RAN, 2000. - T. 372. - # 1. - S. 72-74.

Geologičeskoe stroenie SSSR i zakonomernosti razmeŝeniâ poleznyh iskopaemyh, Morâ Sovetskoj Arktiki / Pod red. I.S. Gramberga, Û.E. Pogrebickogo. - Leningrad: Nedra, 1984. - T.9. - 280 c.

Geologiâ i poleznye iskopaemye Rossii. T.5. Arktičeskie i dal'nevostočnye morâ. Kn. 1. Arktičeskie morâ / Pod red. I.S. Gramberg, V.L. Ivanov, Û.E. Pogrebickij. – SPb.: izd-vo VSEGEI, 2004. - 468 s. (MPR RF, RAN, VNIIOkeangeologiâ).

Gosudarstvennaâ geologičeskaâ karta Rossijskoj Federacii. Masštab 1:1000 000 (novaâ seriâ). List S-50-52 – Bykovskij. Ob"âsnitel'naâ zapiska. SPb.: Izd-vo SPb kartfabriki VSEGEI, 2001. - 189 s. (MPR Rossii, FGUNPP «Aèrogeologiâ»).

Dračev S.S. Tektonika riftovoj sistemy dna morâ Laptevyh // Geotektonika, 2000. - #6. - S. 43-58.

Dračev S.S. O tektonike fundamenta šel'fa morâ Laptevyh // Geotektonika, 2002. - #6. - S. 60-76.

Ivanova N.M., Sekretov S.B., Škarubo S.I. Dannye o geologičeskom stroenii šel'fa morâ Laptevyh po materialam sejsmičeskih issledovanij // Okeanologiâ, 1989. - T.XXIX. - Vyp. 5. - S. 789-795.

*Kim B.I., Ivanova N.M.* O vozraste sejsmokompleksov, vydelennyh na Laptevskom kontinental'nom sklone i prilegaûŝej časti Evrazijskogo bassejna // Geologo-geofizičeskie harakteristiki litosfery Arktičeskogo regiona. - SPb.: VNIIOkeangeologiâ, 2000. - Vyp. 3. - S. 82-92.

*Kim B.I. Glezer Z.I.* Osadočnyj čehol hrebta Lomonosova (stratigrafiâ, istoriâ formirovaniâ čehla i struktury, vozrastnye datirovki sejsmokompleksov) // Stratigrafiâ, geologičeskaâ korrelâciâ, 2007. - T.15. - #4. - S. 63-83.

*Lazurkin D.V.* Strukturnaâ poziciâ i geologičeskoe stroenie morâ Laptevyh // Geologo-geofizičeskie harakteristiki litosfery Arktičeskogo regiona. - SPb.: VNIIOkeangeologiâ, 1998. - Vyp. 2. - S. 132-134.

Legenda Laptevo-Sibiromorskoj serii listov Gosudarstvennoj geologičeskoj karty Rossijskoj Federacii masštaba 1:1000 000 (tret'e pokolenie) // Sostaviteli: V.A. Vinogradov, E.E. Musatov, Û.V. Gorâčev. Glavnyj redaktor M.K. Kos'ko. – SPb, 2000.

*Malyšev N.A., Obmetko V.V., Borodulin A.A., Barinova E.M., Ishanov B.I.* Stratifikaciâ osadočnogo čehla šel'fa morâ Laptevyh i obstanovki osadkonakopleniâ. – Tezisy 4-oj meždunarodnoj konferencii «Neft' i gaz arktičeskogo šel'fa». - Murmansk, 2008.

Paleogen i neogen Severo-Vostoka SSSR. - Åkutsk: ÅNC SO AN SSSR, 1989. - 184 s.

*Poselov V.A., Bucenko V.V., Pavlenkin A.D.* Al'ternativa spredingovoj prirode Evrazijskogo bassejna po sejsmičeskim dannym (na primere geotransekta hrebet Gakkelâ – hrebet Lomonosova) // Geologo-geofizičeskie harakteristiki litosfery Arktičeskogo regiona. - SPb.: VNIIOkeangeologiâ, 1998. - Vyp. 2. - S. 177-183.

*Ustrickij V.I.* K istorii formirovaniâ sovremennoj struktury morâ Laptevyh // Geologo-geofizičeskie harakteristiki litosfery Arktičeskogo regiona. - SPb.: VNIIOkeangeologiâ, 2000. - Vyp. 3. - S. 68–81.

*Backman J., Moran K., McInroy D.B., Mayer L.A.,* and the Expedition 302 Scientists (2006), Artic Coring Expedition (ACEX), Proc. Integr. Ocean Drill. Program, 302, doi:10.2204/iodp. proc.302.2006. - 169 p.

*Fujita K., Cook D.* The Arctic continental margin of eastern Siberia // The geology of North America. The Arctic Ocean Region. Geol. Soc. of America. 1990. - V. L. - P. 289-304.

*Hinz K., Delisle G., Cramer B., Franke D., Fieguth U., Linderman F., Neben S., Toctman H. & Zeibig M.* Cruise report: marine seismic measurements and geoscientific studies on the slope and shelf of the Laptev Sea & East Siberian Sea / Arctic with M.V. "Akademik Lazarev", I.V. "Kapitan Dranitsin", Preliminary scientific results. – BDR-Report, #116.693, 1997. - 161 p.

© Шкарубо С.И., Заварзина Г.А., 2011