

В.Я. Кабаньков, И.А. Андреева

О геологической истории глубоководной части Амеразийского суббассейна

Существуют крайне противоречивые представления о возрасте и происхождении главных тектонических структур глубоководной части Амеразийского суббассейна. Первая из них, соответствующая области Центрально-Арктических поднятий, по мнению некоторых исследователей представляет собой систему различных по происхождению и возрасту геоструктур. Самая западная из них - отторженец Баренцево-Карской платформы [*Jokat et al., 1995* и др.], в геоморфологическом плане соответствующий хребту Ломоносова; расположенные восточнее поднятия Менделеева и Альфа рассматриваются или как центр древнего спрединга [*Hall, 1973*], или - след «горячей точки» [*Forsyth et al., 1986*]. Некоторые исследователи предполагают, что эти морфоструктуры имеют островодужную природу [*Зоненшайн и др., 1990*]. Впадины Макарова и Подводников, разделяющие упомянутые положительные морфоструктуры, относятся к поздне-мезозойским структурам, сформировавшимся на океанической коре [*Хаин, Филатова, 2007*]. По нашему мнению, область Центрально-Арктических поднятий представляет единую платформенную структуру карельского возраста и является осколком Восточно-Арктического кратона, занимавшего значительную территорию Полярного бассейна [*Кабаньков, Андреева и др., 2004*]. За этой структурой и было оставлено впервые предложенное Н.С. Шатским [*Шатский, 1935*] название Гиперборейская платформа (рис.1).

Вторая крупная геоструктура, соответствующая Канадской котловине, по мнению одних исследователей, - океаническая структура, время раскрытия которой разными исследователями определяется по-разному, но ограничено интервалом поздняя юра - ранний мел [*Grantz et al., 1998; Гуревич, Глебовский, 2004*]. Другие исследователи не видят там линейных магнитных аномалий и относят ее к осадочным бассейнам девонского времени [*Буценко, Поселов, 2004*]. Мы считаем котловину структурой особого рода и именуем ее топодепрессией. Ее образование связано с деструкцией древней

Восточно-Арктической платформы [*Кабаньков, Андреева, 2006*] и блоково-ступенчатым обрушением (проседанием), не компенсированным осадками.

Наконец необходимо отметить еще и разные варианты плейтектонических концепций развития всей Арктики, хотя в них специально не рассматриваются возрастные особенности конкретных структур. По мнению авторов этих концепций, Арктическая область, в тектоническом отношении, представляет систему блоков древних кратонов, средне-позднепалеозойских складчатых структур, преобразованных мезозойским тектогенезом, среди которых выделяются и микроконтиненты и террейны. Начало формирования современных структур постулируется за пределами рассматриваемого региона, а достигли они Арктики в результате дрейфа в позднем палеозое [*Хаин, Филатова, 2007*] или в ордовике [*Lawver et al., 2002*].

Такие противоречия во взглядах на происхождение главных структур не позволяют оценить тектоническую природу региона в целом и потому невозможно пространственно определить положение шельфовой области, обосновать ее границу и выработать критерии их трассировки в пределах Амеразийского суббассейна. Решение этих задач, в том числе и проблемы внешней границы континентального шельфа России, возможно только на основе комплексных геолого-геофизических исследований, началу которых положили морские экспедиции 2000, 2005 и 2007 гг. В данной статье обсуждаются результаты геологических исследований преимущественно первых двух экспедиций. Итоги геофизических работ приведены в этом же сборнике [*Поселов и др., 2008*].

Без данных о вещественном составе и возрасте коренных пород, слагающих дно суббассейна, признать обоснованным ни один из перечисленных выше взглядов на природу и возраст основных геоструктур рассматриваемого региона невозможно. Однако, коренные породы на дне известны в небольшом количестве выходов, возрастной диапазон их ограничен поздним мелом-кайнозойем. Основным

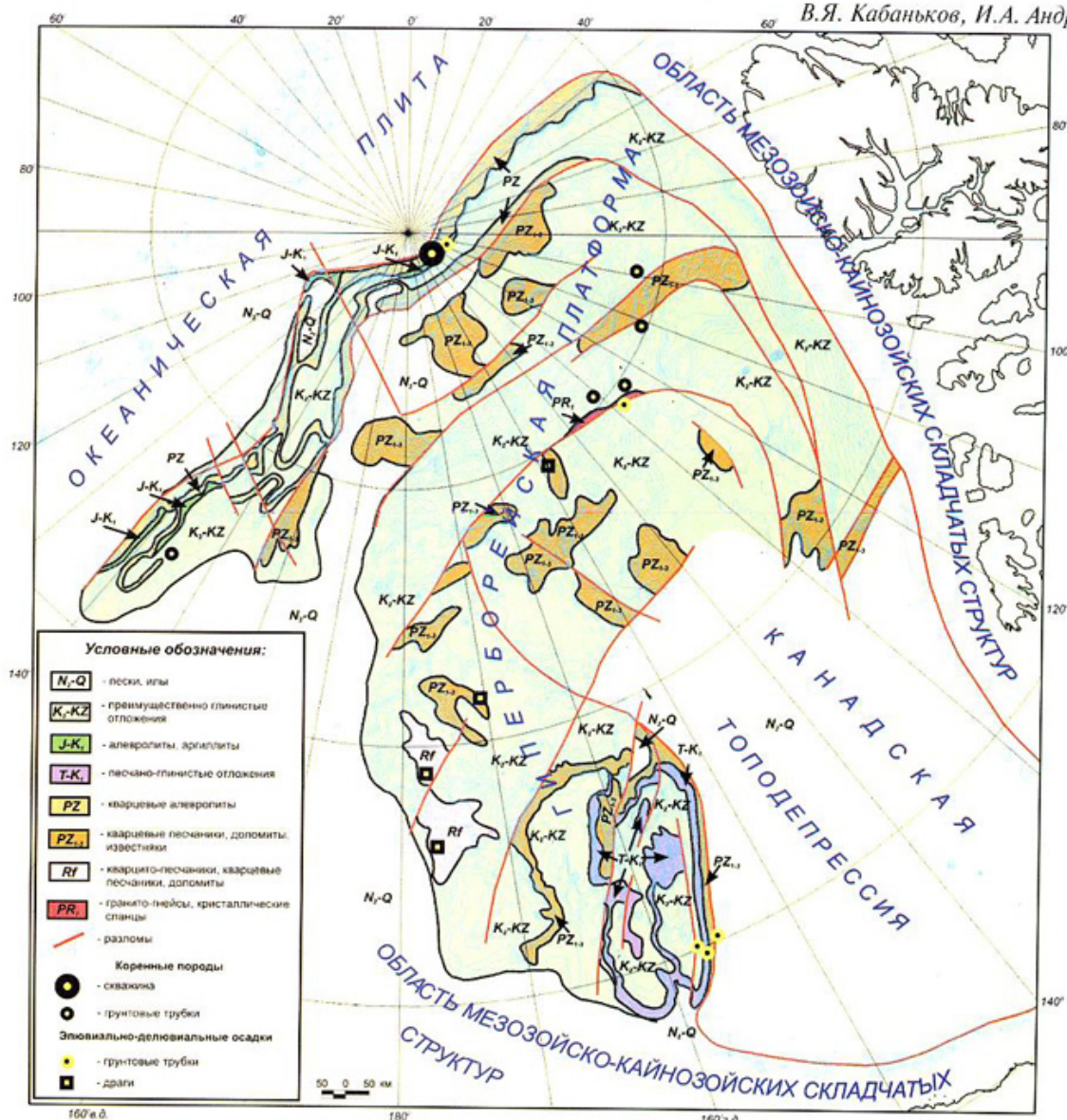


Рис. 1. Схематическая карта геологического строения глубоководной части Американо-Евразийского суббассейна.

источником геологической информации о составе и возрасте коренных пород дна, по нашему мнению, могут служить донные отложения, в частности, их грубообломочная часть. Такие отложения широко распространены в пределах Центрально-Арктических поднятий, редко встречаются в прогибах, а в Канадской тополепсии и вовсе отсутствуют. Факт локализации грубообломочного материала в пределах области поднятий служит одним из важных доказательств местного его происхождения и позволяет воссоздать разрезы коренных пород дна. Понятно, что это не реальные разрезы, но по наличию в обломках фаунистических остатков различного стратиграфического уровня, встречающихся в разнообразных по составу породах, можно оценить возрастной объем отложений, послуживших источником донного материала, условия их накопления, предположительно наметить последователь-

ную смену комплексов материнских пород во времени - и на такой основе воссоздать историю геологического развития.

Таким образом, одной из главных проблем геологии данного региона является проблема происхождения донных осадков, особенно крупномерной их части. Вопрос состоит в том - местные ли это образования, сформировавшиеся в результате абразии коренных пород дна или, как полагают многие исследователи, они вынесены Бофортским круговым течением из районов Канадского Арктического архипелага и Северной Гренландии? Результаты исследования этой проблемы, а также данные о коренных породах дна, воссозданные по донно-каменному материалу, уже были опубликованы и потому здесь они рассмотрены сравнительно кратко. Основное внимание в этой статье уделено строению прогнозных разрезов коренных пород дна, их возрасту и формаци-

онному составу. В совокупности с данными по истинно коренным породам дна рассмотрена геологическая история глубоководной части Американо-Азиатского суббассейна, определены природа и возраст его главных тектонических структур - Гиперборейской платформы и Канадской тополепсии.

Гиперборейская платформа

Происхождение и механизм формирования донных осадков

До настоящего времени еще многие исследователи полагают, что донно-каменный материал чужд для этого региона и считают его привнесенным дрейфующими льдами Бофортского течения [*Шварцхагер и Ханкенс, 1964; Bischof et al., 1996* и др.]. В основу этой концепции были положены умозрительные (палеоклиматические) построения, а не результаты геологического изучения самих осадков: фракционной структуры, площадного и пространственного распределения, связи с рельефом дна, сходства и различия слагающих их пород и пород предполагаемых источников.

Если исходить из геологических данных и, в первую очередь, результатов сопоставления пород донных осадков и пород Северной Гренландии и Канадского архипелага, то, как уже было показано ранее [*Кабаньков, Андреева и др., 2004*], между ними нет ничего общего. Петрографические исследования показали, что грубообломочный материал представлен в основном кварцевыми разностями песчаников и доломитами, а уровень преобразования их не превосходит стадию позднего диагенеза. О низкой степени преобразования пород свидетельствует и коэффициент окраски конодонтов (не превосходящий 2-3), найденных в обломках донных отложений. Таким образом, породы, послужившие источником этого материала, типично платформенные образования. Породы Северной Гренландии и Канадского Арктического архипелага, служившие, по мнению указанных выше исследователей, источником донного материала, относятся к Иннуитской складчатой системе, и характеризуются разнообразным формационным составом, типичным для тектонически подвижных зон и затронуты процессами регионального метаморфизма.

Об источнике грубообломочного материала, можно судить исходя из закономерности его площадного распределения, регулируемой геоморфологическим устройством дна всей глубоководной части суббассейна. Анализ этих данных показывает [*Кабаньков, Андреева и др., 2004*], что массовые скопления крупномерного материала наблюдаются в пределах Централь-

но-Арктических поднятий, причем наибольшее содержание его характерно для подножий возвышенностей. В прогибах, разделяющих эти поднятия, крупные обломки встречаются очень редко. Характерной иллюстрацией указанной выше закономерности служит Канадская котловина, с которой совпадает центральная часть Бофортского кругового течения и где ледовые поля находятся в дрейфе многие годы. Известно, что остатки полярных станций СП-8 и «Чарли» дрейфовали здесь длительное время и в течение 5-6 лет совершили полный круговорот [*Литинский, 1968*], а полярная станция Т-3, дрейфовавшая там свыше 30 лет, совершила не менее 4 оборотов. Там и должны были быть наивысшие скопления грубообломочного материала. Однако, как показали 3-летние специальные фотонаблюдения на ледоколах, на дне котловины не обнаружено ни одного крупномерного обломка, что и дало основание отрицать ледовый разнос [*Карсола и др., 1964*]. Из сказанного выше следует, что донно-каменный материал не был привнесен, он имеет местное происхождение и генетически, скорее всего, относится к элювиально-делювиальным образованиям.

Концепции массового ледового разноса противоречит и факт практически полного отсутствия обломочного материала в современных льдах, дрейфующих в Американо-Азиатском суббассейне. Специальные системные исследования по этой проблеме не проводились, но, судя по имеющимся данным, в пределах Восточно-Сибирского моря, наблюдалась только одна льдина с крупными (до 10 см) обломками, в количестве, приблизительно 1000 кг [*Белов, Лапина, 1968*]. В других случаях во льду наблюдали ничтожное содержание тонкого материала. Так, по данным В. Шевченко [*Berichte ..., 1999*], во льдах поднятия Альфа содержится тонкий материал, редко превышающий 10 мкм. Подобной размерности материал, но только в более значительном количестве, а также отдельные угловатые глыбы пород обнаружены на льдине станции Т-3.

Значительную часть донного материала связывают с айсбергами, однако они в пределах рассматриваемой части суббассейна вообще неизвестны. А ледяные острова, которые иногда использовались для полярных станций, встречаются очень редко, не являются айсбергами, в действительности они представляют собой многолетний шельфовый лед. Один из таких островов, на котором работала полярная станция Т-3 - ледяная плита толщиной в 60 м. Подобные ледяные острова, по мнению океанологов формирующиеся только в прибрежной

части моря у о. Элмира [Кессель, 2005], стояли впритык к суше и на них иногда скатывались с крутых обрывистых берегов крупные обломки пород. В летний период, во время таяния снега, с водой на них поступали и песчано-глинистые осадки. Но весь этот материал не имеет отношение ни к айсбергам, ни к моренным образованиям, к тому же он мог составить ничтожную долю донно-каменных отложений.

В связи с предполагаемой поставкой моренного материала айсбергами в морской бассейн, интересно вообще кратко рассмотреть работу современных ледников. Так В.Г. Чувардинским [Чувардинский, 2000] обобщены данные о работе ледников Антарктики, Гренландии и Арктических островов, полученные в результате изучения скважин, разрезов в ледниковых обрывах, в том числе и в выводных частях. Из этих данных следует, что ледники и в «теплых», и в «холодных» их типах содержат небольшое количество обломочного материала, поскольку они не экзарируют ложе и не захватывают валунный материал. В «теплых» ледниках температура на границе лед - ложе равна или близка к температуре плавления льда, что обеспечивает водную смазку ложа и определяет глыбовый характер скольжения ледниковых масс с крайне незначительной скоростью и, практически, без экзарации. В «холодных» ледниках придонная их часть приморожена к ложу и не участвует в общем движении ледниковых масс и также не экзарирует ложе. В таких ледниках движение идет по плоскостям внутри, за счет смещения тонких пластинок льда. И только горно-долинные ледники получают довольно значительное количество обломочного материала, поступающего со склонов. Однако этот тип ледников не характерен для рассматриваемого региона.

Каков же механизм формирования донных осадков? Если исходить из характера, площадного распределения грубообломочной части осадков и четкой связи с геоморфологическими особенностями, то можно предполагать, что в их формировании значительную роль играли и рельеф дна, и геологические особенности региона. Область Центрально-Арктических поднятий, где наиболее распространен грубообломочный материал, представляет собой систему активно развивающихся противоположных по знаку морфоструктур, соответствующих геоструктурам платформенного типа: поднятия и прогибы. Первые характеризуются длительно унаследованным многоэтапным воздыманием, они разбиты разрывными нарушениями на многочисленные, различного

масштаба тектонические блоки. Эти блоки, совпадающие с возвышенностями высотой в сотни (до тысячи) метров и протяженностью в десятки километров, в современном рельефе представляют эрозионные останцы, особенно многочисленные на поднятиях Альфа, Менделеева и Нордуинд. Склоны их покрыты осыпями песчано-глинистого материала с неравномерно распределенными в нем обломками щебнисто-дресвяной размерности и отдельными глыбами до 0,3х0,4 м.

В период тектонической активизации рельефа дна, вероятно, приобретал еще более значительную, чем в настоящее время, контрастность, возникли особенно благоприятные условия для склоновых процессов и образования осадков элювиально-делювиального типа. Подобные условия характерны для восточного высоко приподнятого склона поднятия Нордуинд, где А. Гранцем и его коллегами [Granitz et al., 1998] обнаружены обломки известняков с фауной нижнего и верхнего палеозоя, а также для возвышенности имени НЭС «Академик Федоров» поднятия Менделеева, где собраны остатки средне-позднепалеозойского возраста [Кабаньков, Андреева, Иванов, 2004].

Процесс осадкообразования шел в субаквальных условиях, элювиально-делювиальные образования смешивались с осадками других типов, в том числе с вертикальными потоками морского характера, включающими продукты жизнедеятельности планктонной фауны, а также материал придонных течений. В зависимости от контрастности рельефа дна и состава коренных пород, ведущего фактора седиментогенеза, формировались донные осадки, их фракционная структура и текстура.

Состав грубообломочного материала донных осадков и их источники. Некоторые особенности строения разрезов Гиперборейской платформы

Донные осадки системно наиболее подробно изучены нами на поднятии Менделеева, на геотраверзах 2000 и 2005 гг. Они вскрыты на глубину до 6 м и представлены комплексом песчано-глинистых отложений с неравномерно распределенным по разрезу щебнисто-дресвяным материалом. На поверхности дна этот материал образует выдержанные по площади скопления, в которых изредка встречаются глыбы размером до 0,3х0,4 м.

Подавляющая часть грубообломочного (более 1х2 см) материала представлена осадочными породами, изверженные разности составляют первые единицы процентов. На севере поднятия существенно преобладают песча-



Рис. 2. Характер остроугольных обломков в осадках центральной части поднятия Менделеева.

ники и доломиты, составляющие в сумме 70-75% обломков, известняки - 15-20%, а изверженные породы - 6-8%. На юге и в центральной части поднятия практически все обломки - кварцито-песчаники и доломиты, редко встречаются песчаники и алевролиты. Известняки обнаружены здесь в виде единичных мелких обломков. Изверженные породы - приблизительно в таком же соотношении с осадочными породами, как на севере поднятия и представлены диабазами.

Терригенные породы на севере поднятия - это преимущественно светло-окрашенные песчаники, редко - кварцито-песчаники и темноцветные алевролиты. Сложены они хорошо окатанными и отсортированными обломками кварца (до 70-80%), в переменном количестве - кислыми плагиоклазами, обломками пород, биотитом, в различной степени разложившимся. Цемент в песчаниках кварцевый, кварцево-кремнистый, кремнисто-глинистый с непостоянным содержанием гидроокислов железа и лейкоксенезированной массы и каолиновый. Алевролиты, как и песчаники, состоят в основном из обломков кварца и характеризуются повышенным содержанием биотита, в различной степени выветрелого. Нередко пластинки его почти нацело замещены глинистой массой, цементирующей обломочный материал или образующей линзовидные скопления. Доломиты обычно неравномернозернистые, в них изредка встречаются неясной природы образования, возможно биогенного происхождения. Известняки слабо перекристаллизованные, нередко глинистые, с остатками скелетной фауны, среди которых определены средневерхнепалеозойские формы конодонтов, рыб, фораминифер.

Терригенные породы центральной части и юга поднятия представлены преимущественно кварцито-песчаниками, изредка - песчаниками и алевролитами. Обломки отличаются слабой степенью выветривания, в большинстве своем угловатые (рис. 2).

Кварцито-песчаники также светлоокрашенные, они на 90-95% состоят из кварца разного типа. Обломочная часть их почти нацело представлена кварцем, цемент в них кварцевый, регенерационный, образующий оторочки вокруг зерен, и порового типа. В шлифах видно, что обломки нередко вследствие регенерации утратили свою первичную форму, а спаянные аутигенным кварцем образуют гранобластовую или близкую к ней структуру. Незначительная часть цемента состоит из серицита без четко выраженной ориентировки слюдистых чешуек, глинисто-кремнистой массы с небольшой примесью гидроокислов железа и лейкоксенезированного материала. Доломиты на юге поднятия очень плотные, слабо перекристаллизованные, структура их однородная. Такого же сложения и редко встречающиеся здесь известняки.

Как следует из петрографических данных, грубообломочный материал севера и юга поднятия Менделеева существенно отличается и составом, и присутствием обломков с остатками фауны, и степенью диагенетического преобразования. Следовательно, можно предположить, что и источниками его были различные по составу и возрасту породы. На севере - это толща переслаивающихся песчаников, доломитов и известняков с палеонтологическими остатками средне-позднепалеозойского возраста, на юге - кварцито-песчаников, алевролитов и доломитов условно рифейского возраста. Последнее заключение о возрасте обосновывается, во-первых, тем, что на юге в обломках не обнаружены палеонтологические остатки и, следовательно, можно предположить что они (отложения) связаны с досреднепалеозойскими образованиями; во-вторых, комплекс кварцито-песчаников с широко проявленным аутигенным кварцеобразованием и доломитов неясной генетической природы имеют значительное сходство с чехольными образованиями рифейского возраста древних платформ, обрамляющих по периферии Северный Ледовитый океан и также, как на поднятии, перекрыты палеозойскими отложениями; в третьих, U-Pb локальный анализ детритных цирконов из кварцито-песчаников показал, что здесь выделяется три возрастных интервала их формирования: 2600-2700, 1600-1800, 1100-1300 млн. лет (рис. 3).

Приведенные цифры показывают связь цирконов с породами, прошедшими архейский, карельский и гренвилльский этапы активизации.

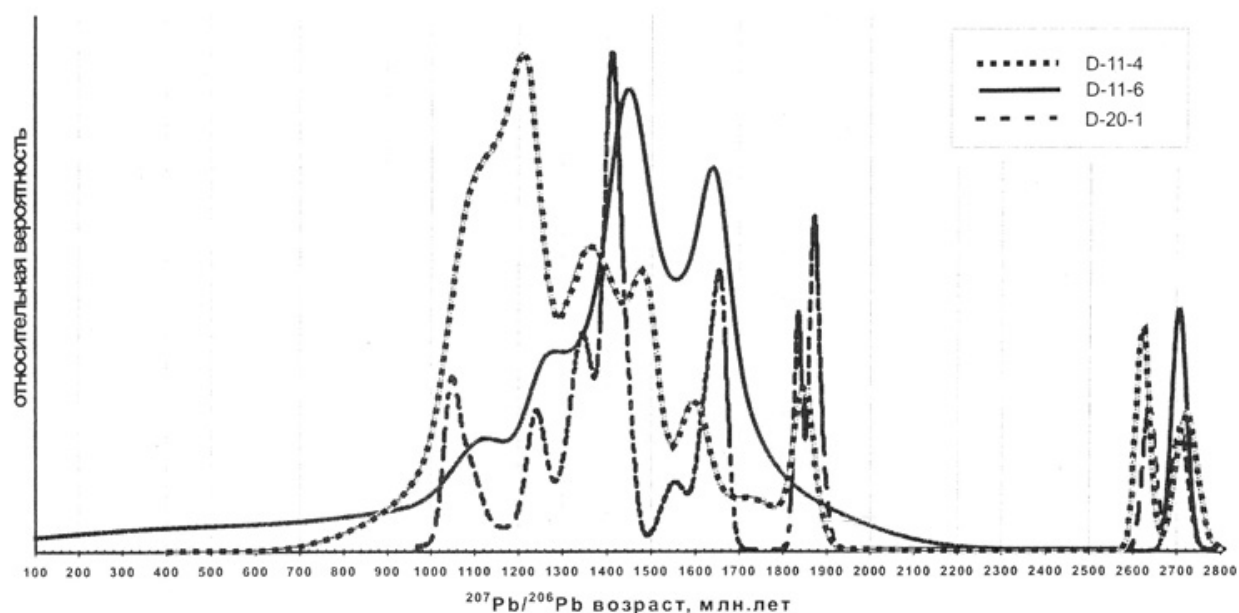


Рис. 3. Кривые относительной вероятности проявления разновозрастных цирконов ст. AF-05-11D (обр. 4 и 6); ст. AF-05-20D (обр. 1).

Первые две датировки вполне укладываются в общие представления о типе и возрасте тектонической структуры Центрально-Арктической области, представляющую собой древнюю платформу с карельским основанием. Гренвилевская активизация здесь пока геологически не подтверждена, но радиологические данные согласуются с заключением о рифейском возрасте кварцито-песчаников и доломитов юга поднятия Менделеева, определенном, исходя из общегеологических данных.

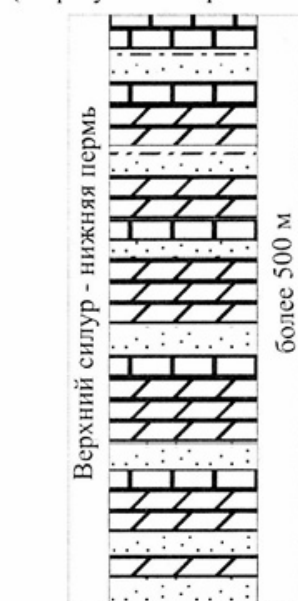
Предполагаемый разрез, вскрытый в пределах поднятия Менделеева, подразделяется на две толщи: кварцито-песчаников и доломитов рифейского возраста и песчаников, доломитов и известняков средне-позднепалеозойского возраста. Видимая мощность первой не менее 600 м [Кабаньков, Андреева, 2006], второй - не более чем 500-600 м [Кабаньков, Андреева, и др., 2004]. Обломки пород с нижнепалеозойскими остатками на поднятии Менделеева не установлены, однако есть основание предполагать, что отложения этого возраста там присутствуют, но не выходят на дне бассейна. Эти предположения основаны на находках обломков пород с позднекембрийскими и ордовикскими конодонтами на поднятии Нордуинд [Grantz et al., 1998]. Так как оба поднятия являются частями единой платформенной структуры, есть все основания предполагать присутствие и нижнепалеозойских, и допалеозойских отложений в пределах обоих рассматриваемых морфоструктур. Таким образом, разрез коренных пород, воссозданный исходя из анализа донных осадков поднятия с учетом данных по

смежным районам, представлен рифейско-палеозойскими отложениями мощностью приблизительно, в 2000-2500 м (рис. 4). Формационно это типично платформенные образования, они входят в состав чехла Гипербореической платформы.

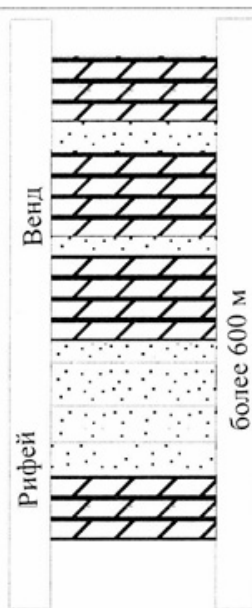
Аналогичный комплекс пород характерен и для поднятия Альфа, где на широте 84-85° и долготе 140° в процессе драгирования были подняты многочисленные обломки кварцевых песчаников, доломитов и известняков с позднепалеозойскими палеонтологическими остатками [Шварцахер, Ханкенс, 1964]. Приблизительно на этой же широте, на западном склоне поднятия, были обнаружены обломки полевошпат-кварцевых и кварцевых песчаников, известняков с остатками фауны, редкие обломки гнейсов [Белов, Лапина, 1968]. На хребте Ломоносова, в пределах координат 80-83° с.ш. и 154-161° в.д., были подняты обломки гнейсов, доломитов, известняков и диабазов (неопубликованные данные). Единичные обломки розовато-серых кварцевых алевролитов были подняты и на юге хребта Ломоносова (81° с.ш.).

Таким образом, есть основание предполагать, что однотипные описанным рифейско-палеозойским отложениям породы широко развиты в пределах области Центрально-Арктических поднятий. Фациально они не однородны. Судя по тому, что в направлении на юго-восток этой области роль обломков терригенных пород в донных осадках заметно падает, вероятно, происходит изменение в составе коренных пород и постепенное замещение

Поднятие Менделеева,
возвышенность
им. НИС “Академик Федоров”
(по результатам рейса АФ-2000)



Локальные возвышенности
в южной части поднятия Менделеева
(по результатам рейса АФ-2005)



Поднятие Нордуинд
(по данным Grantz et al., 1998)

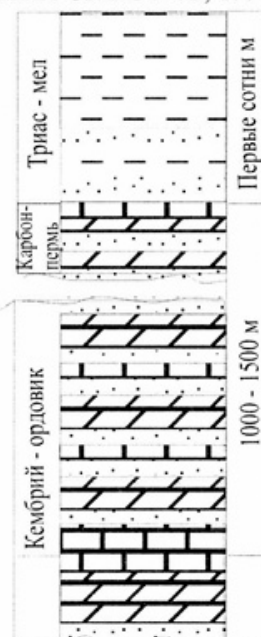


Рис. 4. Схема корреляции предполагаемых разрезов Гиперборейской платформы по данным изучения грубообломочного материала.

терригенных на карбонатные. В целом описанные образования соответствуют первому, рифейско-палеозойскому этапу формирования чехла Гиперборейской платформы.

В палеогеографическом плане этот комплекс накапливался в мелководном бассейне с высокодинамичной обстановкой, способствующей глубокому химическому распаду исходных пород и обогащению осадков устойчивыми минералами. Он был частью обширного бассейна, занимавшего большую часть территории современного Ледовитого океана, представлявшую в то время, в тектоническом плане, Восточно-Арктическую структуру [Кабаньков, Андреева, 2006]. По своему характеру он был сходен с рифейско-палеозойскими бассейнами древних платформенных областей Северной Америки, Сибири, Восточной Европы. Эти мелководные акватории разделялись системой подвижных рифейско-палеозойских прогибов. Впоследствии в них и был сформиро-

ван Арктический складчатый пояс, включающий структуры Иннуитской, Новосибирско-Чукотской и Северно-Сибирской складчатых систем.

В заключение характеристики рифейско-палеозойских чехольных образований необходимо привести некоторые соображения об их фундаменте. Так трубкой FL-380 в пункте с координатами 84°31' с.ш. и 128°27' з.д. были обнаружены обломки милонитов, погруженные в пестроокрашенные песчано-алевритовые осадки, состоящие из кварца, альбита, олиноклаза и калиевых разностей полевых шпатов. Радиологический ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$) возраст калиевых разностей полевых шпатов не моложе 1800-1900 млн. лет [Clark et al., 2000]. Мы предполагаем, что и обломки милонитов, и пестроокрашенные аркозовые осадки представляют кору выветривания гранито-гнейсов, слагающие здесь фундамент платформы, выведенный на поверхность по разлому. Такие же пестро-

цветные осадки были обнаружены еще в восьми трубках, расположенных на одной линии и, вероятно, совпадающей с зоной разломов, идущей в западном направлении, в район полигона полярной станции «Альфа», где драгой поднята проба, состоящая на 84% из обломков изверженных и метаморфических пород [Шварцахер, Ханкенс, 1964]. Возможно, что эти метаморфические породы также относятся к фундаменту, выведенному на поверхность дна по разлому. Кроме того, обломки гнейсов были подняты и на западе этого же поднятия, на борту прогиба Макарова. Все это и дает нам основание предполагать, что в пределах поднятия Альфа на дне выходят метаморфические породы карельского возраста, они и составляют фундамент Гиперборейской платформы.

Следующий, мезозойский этап развития Гиперборейской платформы характеризуется резкой сменой условий осадконакопления и повсеместным образованием глинисто-алевритовых осадков. На поднятии Нордуинд они представлены типично морскими, слабо или почти не затронутыми процессами диагенеза осадками. Это сказалось на сохранности коренных пород и способствовало превращению их в рыхлые отложения, вследствие чего трудно отличить истинно коренные выходы от элювиально-делювиальных образований и наметить детали разреза мезозойских отложений. В пределах хребта Ломоносова это плотные аргиллиты и алевриты с признаками континентального происхождения.

Наиболее полно мезозойские отложения представлены на поднятии Нордуинд. Здесь А. Гранцем и его коллегами [Grantz et al., 1998] в серии грунтовых колонок, на восточном его склоне, в темноцветных алевритистых аргиллитах и мелкозернистых песчаниках обнаружены остатки фораминифер, пелеципод и конодонтов, среди которых определены руководящие формы разных стратиграфических уровней триаса, юры и мела. При этом среди палеонтологических остатков установлены формы, характерные для низов триаса. На этом же участке обнаружены формы самых верхов поздней перми, что дает основание предполагать согласное взаимоотношение мезозойских и палеозойских отложений.

Мощность мезозойских отложений поднятия Нордуинд измеряется, вероятно, первыми сотнями метров.

На западе Гиперборейской платформы мезозойские отложения установлены на хребте Ломоносова, вблизи приполюсной части и предполагаются на юге этой же морфоструктуры. В первом из упомянутых пунктов, вблизи

Северного полюса, возраст их установлен по полиморфидам и определен не точнее, чем юра-мел [Grantz et al., 2001]. Важно указать, что здесь мезозойские отложения, скорее всего, относятся к континентальным и прибрежно-морским образованиям. Залегают они на подстилающих породах, вероятно, с разрывом, о чем свидетельствуют переотложенные многочисленные полиморфиды девонско-каменноугольного возраста, а перекрываются трансгрессивно поздне меловыми - кайнозойскими отложениями. Мощность их неизвестна.

Завершающая стадия мезозойско-кайнозойского этапа развития Гиперборейской платформы воссоздана, в основном, по данным коренных пород. Они установлены на хребте Ломоносова, поднятии Альфа, предполагаются на поднятии Менделеева и представлены единой толщей поздне мелового - кайнозойского возраста. Наиболее полный разрез ее видимой мощностью в 428 м вскрыт на хребте Ломоносова буровой скважиной 302 [Ким, Глезер, 2007, Backman, et al., 2006]. Верхняя часть разреза, до интервала 158 м, состоит из илов и глин, в различной степени алевритистых, сверху преимущественно коричневатых, а внизу - оливково-серых, оливковых, реже серых и темно-серых с редкой мелкой галькой кварцито-песчаников. Возраст ее средне-поздне миоцен - голоценовый. Ниже залегают: ранне олигоценовые глины алевритистые с редкой мелкой галькой кварцито-песчаников мощностью 43 м; затем - диатомиты средне-поздне оценового возраста нередко косослоистые, в различной степени глинистые, черно-серые, с мелкой галькой кварцито-песчаников и водорослями Azolla, мощностью 190 м; далее - плотные глины черно-серые поздне палеоценового возраста видимой мощностью в 14 м. Последний интервал скважины с 405 м и до забоя на глубине 428 м пройден почти без отбора керна. Только самая нижняя часть ее, в интервале 424-428 м, охарактеризована керном. Это темно-серые песчанистые и алевритистые глины с фораминиферами, характерными для различных стратиграфических уровней меловой системы, диноцистами позднего мела [Ким, Глезер, 2007]. Совместное нахождение здесь форм различных стратиграфических уровней свидетельствует, возможно, о переотложении части их в период размытия подстилающих пород. Возраст этой части разреза определен не точнее, чем поздне меловой.

Приведенные данные свидетельствуют о двух крупных событиях, происшедших в период накопления рассматриваемого комплекса отложений. Одно - поздне олигоцен-

раннемиоценовое, видимо, соответствует изменению режима водной среды самого бассейна в связи с его углублением, началом оформления хребта Ломоносова и других морфоструктур Центрально-Арктической области. Другое - позднемиоценовое - раннепалеоценовое размыту, вероятно, совпадающему с трансгрессией Альфа-Менделеевского палеобассейна (см. далее).

Кайнозойские отложения установлены и на юге хребта, вблизи Восточно-Сибирской континентальной окраины. Там, грунтовыми трубками были подняты глинистые осадки палеоцено-эоценового возраста [Гусев и др., 2006].

На поднятии Альфа коренные позднемиоценовые - кайнозойские породы, вскрытые четырьмя грунтовыми трубками, представлены диатомитами кампан-маастрихтского и глинами палеогенового возраста [Barron, 1985; Clark, 1988]. Вскрытая мощность этих отложений в каждом пункте не превосходит одного метра. Возможно, отложениями этого же возраста занята какая-то часть Канадской топодепрессии, примыкающая к поднятию Альфа.

Как видно из приведенных данных, отложения позднемиоценового - кайнозойского возраста занимают не только значительную часть территории Гиперборейской платформы, но, возможно, и некоторые прилегающие территории. Повсеместно они представлены формационно единым комплексом глин и диатомитов, в различной степени алевритистых с маломощными линзами тонкопесчаного материала, рассеянной мелкой галькой, многочисленными остатками микроорганизмов и микроводорослей, в том числе и типично пресноводной формой *Azolla* [Moran et al., 2006]. Все это свидетельствует о том, что в позднемиоцено-кайнозойское время рассматриваемая территория Гиперборейской платформы, вплоть до миоцена, была занята мелководным опресненным Альфа-Менделеевским палеобассейном. Начальная стадия развития его - это довольно спокойная трансгрессия мелководного моря в пределы выровненной пенепленезированной суши, занимающей большую часть (кроме юго-востока) платформы с характерным блоковым строением, связанным с деструкцией ее в средне-позднепалеозойскую и позднемезозойскую эпохи активизации. Таким образом, фундаментом позднемиоценового - кайнозойского бассейна служили разнообразные по возрасту и составу тектонические блоки. На хребте Ломоносова это континентальные и прибрежно-континентальные юрско-меловые и палеозойские образования, на поднятиях Альфа и Менделеева, скорее всего, палеозойские и рифей-

ские породы, аналогичные тем, что в виде обломков были обнаружены в составе позднемиоценовых - кайнозойских отложений, вскрытых скважиной 302. В пределах поднятия Нордуинд, они залегают на раннемиоценовых породах, как будто без резко выраженных признаков несогласия.

Начало интенсивного формирования глубоководных впадин Гиперборейской платформы и разделяющих их поднятий относится к рубежу поздний олигоцен - ранний миоцен и связано с неравномерным по площади постепенным углублением бассейна и сменой мелководных осадков глубоководными. Это, видимо, и отразилось на режиме самого бассейна, предопределившего развитие биоты и выпадение из разреза нескольких палеонтологических комплексов. Образование всех морфоструктур шло в условиях общего, неравномерного погружения, определявшегося системой разломов, разбивших территорию Альфа-Менделеевского палеобассейна на параллельно ориентированные блоки. Амплитуда и скорость погружения тех из них, которые впоследствии остались положительными морфоструктурами (хребет Ломоносова, поднятия Альфа, Менделеева и др.), была существенно меньшей, по сравнению с активно прогибающимися соседними блоками. В целом же это была своеобразная система структур, состоящая из параллельно ориентированных подводных грабен и горстов, слабо компенсированных осадками, а амплитуда их погружения приблизительно соответствовали современной глубине бассейна.

Поднятия Менделеева и Альфа, как самостоятельные структуры, окончательно были оформлены в позднем кайнозое, в процессе формирования северной части Канадской топодепрессии, ограниченной зоной разломов северо-восточного направления, срезавшей северное продолжение Чукотского и Нордуинского поднятий и разделившей Альфа-Менделеевское палеоподнятие на две части. При этом его южная часть, соответствующая современному поднятию Менделеева, характеризуется большей мобильностью, вследствие чего мезозойские и кайнозойские отложения здесь сохранились в незначительном объеме.

Канадская топодепрессия

Канадская топодепрессия представляет пока геологическую загадку. Достоверно коренных пород на дне впадины не установлено, ровное плоское днище ее повсеместно покрыто глинистыми осадками позднеэоцено-

четвертичного возраста. Только на самом севере, где в рельефе дна наблюдаются значительные возвышенности, видимо представляющие эрозионные останцы плотных пород, возможно, выходят палеозойские отложения. Такое предположение основано на том, что вблизи северной границы топодепрессии, в пределах поднятия Альфа, драгой был поднят разнообразный по составу комплекс обломков, в том числе с позднепалеозойскими остатками фауны (см. ранее). Кроме того, мы не исключаем здесь и позднемеловой - кайнозойский комплекс отложений, широко развитый на поднятии Альфа, вблизи северной границы топодепрессии. Исходя из сказанного, можно предположить, что она, как и Гиперборейская платформа, сформировалась в пределах древней кратонизированной области, именуемой Восточно-Арктической палеоплатформой, и, следовательно, можно допустить, что геологическая история обеих поименованных здесь структур имеет много общего. Если что-то отличает процесс образования Канадской топодепрессии, так это более резко выраженное погружение (обрушение) в позднекайнозойское время. Амплитуда обрушения блоков постепенно уменьшалась в северном направлении, вследствие чего останцы пород Чукотского и Нордуинского поднятий, срезуемых депрессией, испытавшие меньшее погружение, хорошо выражены в рельефе дна в виде высоких возвышенностей. Начало формирования топодепрессии относится, вероятно, также к позднему олигоцену, но максимума процесс обрушения достиг в поздненеогеновое время. Депрессия, также как и описанные ранее прогибы Гиперборейской платформы, не компенсирована осадками. Крупные морфоструктуры такого типа, представленные хорошо выраженными котловинами, испытавшими интенсивное прогибание, не компенсированное осадками, по мнению коллектива исследователей, занимающихся разработкой классификации осадочных бассейнов, следует выделять в особую категорию структур и именовать их топодепрессией [*Осадочные бассейны...*, 2004].

Таким образом, глубокоководная часть Американо-Азиатского суббассейна, сформировавшаяся в результате деструктивного распада Восточно-Арктической палеоплатформы сопровождавшегося ступенчато-блоковым обрушением, не имеет ничего общего с Евразийской абиссалью, океаническое происхождение которой несомненно. По своему характеру структуры глубокоководной части рассматриваемого суббассейна являются структурами седиментационного типа, формирование их происходило в

режиме быстрого неравномерно-блокового погружения (проседания). Та часть Восточно-Арктической палеоплатформы, в пределах которой сейчас выделяется Гиперборейская платформа, испытала меньшее напряжение, а глубины погружения составляющих ее блоков меньше, вследствие чего слагающие ее высокозерные терригенные породы и лагунные доломиты рифея и палеозоя, перекрыты мало мощным плащом отложений. Ограничивающие блоки проседания дугообразные разломы обусловили форму топодепрессии, близкую к овальной. Причем, наиболее масштабные по амплитудам, плавно очерченные сбросовые зоны особенно характерны для южного замыкания структуры. Амплитуда погружающихся блоков здесь устанавливается довольно достоверно. Так на западном борту топодепрессии, в районе поднятия Нордуинд, и на юге они подтверждены геолого-геофизическими данными и определены не менее чем в 2-2,5 км [*Grantz et al., 1998; Косыко и др., 2002; Klemperer et al., 2002*]. Высокие крутые борты, ровное плоское днище, овальная форма депрессии и отсутствие линейности не согласуется с концепцией рифтогенно-океанического ее происхождения. Процесс образования котловины, по-видимому, связан с одновременным глыбовым неравномерным обрушением практически всей ее территории, вызванным сжатием и дроблением палеоплатформы наступающими с юга жесткими массами древних континентальных плит Северной Америки, Азии, Восточной Европы и Тихоокеанским орогеном и последующим горизонтальным растяжением. Следы процессов сжатия фиксируются складчатыми системами и прогибами, параллельными краям Гиперборейской платформы и Канадской топодепрессии, охватывающими их по периферии, обозначая границы этих структур, а также более ранние границы древней Восточно-Арктической платформы.

В соответствии с приведенными данными о геологической истории Американо-Азиатского суббассейна и природе основных структур можно наметить предварительно пространственное положение его континентального шельфа. Для более убедительного обоснования границ целесообразно сопоставить геологические данные, характеризующие этот регион, с данными стандартной шельфовой области, каковой может служить Баренцевоморский шельф. Он представляет тектоно-геоморфологическую структуру, включающую участок коры континентального типа, с одной стороны связанный с материком, а с другой - ограниченный крутым континентальным склоном, переходящим

в абиссаль, разделенных зоной крупных разломов. Подобная структура, состоящая из континентальной коры и абиссали, характерна и для Амеразийского суббассейна. Континентальная его часть - Гиперборейская платформа структурно связана с континентальной окраиной Северной Америки и Азии. На первых этапах познедокембрийско-палеозойского времени территория этой платформы, составляющая часть Восточно-Арктической палеоплатформы, занимала значительную долю современного мелководного шельфа Восточно-Сибирского и Чукотского морей. Ее южная граница, видимо, совпадала с Новосибирско-Чукотским участком познедокембрийско-палеозойского Арктического прогиба. Это предположение основывается на сходстве силурийско-каменноугольных отложений описываемой нами структуры и о. Врангеля. Такой факт можно трактовать как свидетельство палеотектонической и палеогеографической общности в средне-позднепалеозойское время всей территории, охватывающей как современные глубоководные части суббассейна, так и континентальную окраину. По мере развития каледонского Арктического пояса, а затем и в период мезокайнозойского тектогенеза, вследствие общего движения складчатого фронта на север, южная граница палеоплатформы смещалась к северу, а слагающие его комплексы вошли в состав эпикайнозойского фундамента. Таким образом, в пределах характеризуемой территории глубоководная и мелководная части бассейна, хотя и соответствуют разным типам тектонических структур, геостроичности связаны очень тесно.

Как показали исследования А.Г. Зинченко и ее коллег, такая связь намечается и в морфоструктурном плане. Это и последовательно погружающаяся серия ступеней от мелководного шельфа в направлении глубоководной части, и система подводных субмеридиональных долин, идущая от мелководья к глубоководным частям, а также - признаки сквозных трансшельфовых морфоструктурных зон, протягивающиеся от суши в глубоководный бассейн.

Исходя из сказанного, западную границу шельфовой области следует проводить по зоне разломов, разделяющих Гиперборейскую платформу и Евразийскую абиссаль; восточную и северную - по крупным разломным зонам, ограничивающим Канадскую абиссаль. С востока и юга эта абиссаль зонами разломов отделяется от материковых склонов Азии и Северной Америки (рис. 1). В соответствии с приведенными данными, на мелководье выделяются Восточно-Сибирский, Чукотский, Бо-

фортский и Гренландский шельфы. Глубоководная часть суббассейна, соответствующая Гиперборейской платформе, обособляется в Глубоководный или Центральный шельф [*Кабаньков, Андреева, 2006*].

Заключение

Изложенные в статье геологические данные имеют принципиально важное значение для воссоздания геологической истории глубоководной части Амеразийского суббассейна и определения природы ее главных тектонических структур. Есть все основания полагать, что грубообломочный материал донных осадков, локализующийся в пределах области Центрально-Арктических поднятий, имеет местное происхождение и дает представление о составе, возрасте и формационной принадлежности коренных пород дна этого региона. Представлены они двумя формационными комплексами. Нижний, рифейско-палеозойского возраста, состоит из высоко зрелых терригенных преимущественно кварцевых осадков, а также доломитов и известняков. Палеогеографически и палеотектонически это типично платформенные отложения, во многом сходные с чехольными образованиями древних кратонов. В пределах рассматриваемой области они слагают нижний комплекс чехла Гиперборейской платформы. Верхний, мезозойский формационный комплекс, состоит преимущественно из глинисто-алевритистых осадков. На юго-востоке, в пределах поднятия Нордуинд, это типично морские осадки, на севере - прибрежно-морские, и, возможно, континентальные. Фундамент Гиперборейской платформы гранито-гнейсовый карельского возраста.

Приведенные в статье геологические данные о типе этой тектонической структуры хорошо согласуются с выводами, полученными по результатам интерпретации сейсмических данных. Исходя из них, исследователи [*Поселов, Верба, Жолонз, 2007*] пришли к выводу о континентальном типе коры области Центрально-Арктических поднятий.

Юго-восточная и восточная части рассматриваемого региона соответствуют Канадской топодепрессии (котловине). Геологически она практически не изучена, так как там ни коренные породы, ни грубообломочные донные осадки пока не установлены. Повсеместно дно ее выстлано позднеэоцено-четвертичными глинистыми осадками. Представления об ее природе можно получить только исходя из морфологических особенностей: овальной, близкой к изометричной форме, высокими отвесными бортами, совпадающими с крупными верти-

кальными зонами сбросов, амплитуда которых измеряется километрами, и плоским выровненным от борта до борта днищем. При этом отсутствуют какие-либо признаки линейности, характерные для рифтогенно-океанических структур, что и дает основание рассматривать котловину как особый тип структур, именуемый топодепрессией. Образование ее связано с одновременным погружением (обрушением) всей этой площади. По своему характеру она принадлежит к бассейновым структурам, не компенсированным осадками.

Современная структура глубоководной части суббассейна, соответствующая Гиперборейской платформе и Канадской топодепрессии, сформировалась в процессе деструкции Восточно-Арктической палеоплатформы и глыбово-блокового неравномерного погружения отдельных ее частей в позднекайнозойское время. Та часть, на которой сформировалась Гиперборейская платформа, характеризуется меньшими, по сравнению с Канадской топодепрессией, амплитудами, неравномерным погружением отдельных ее блоков, впоследствии поднятий и прогибов, в целом представляющих подобие системы подводных горстов и грабен. Канадская топодепрессия соответствует единому блоку, испытавшему значительное погружение на глубину не менее 7-8 км.

Восточно-Арктическая палеоплатформа, на которой сформировались упомянутые выше структуры, прошла несколько стадий деструкционного распада. Одна из них относится, ве-

роятно, к средне-позднепалеозойскому времени и вызвана общим глобальным дрейфом Северо-Американского, Колымского, Сибирского и Восточно-Европейского кратонов в северном направлении. В результате сжатия сформировались каледонский Арктический складчатый пояс и мезозоида, а палеоплатформа, как жесткая масса, подвергалась дроблению. Ее блоковая структура впоследствии служила фундаментом для осадков позднемеловой-кайнозойской трансгрессии. В позднемезозойско - кайнозойскую стадию процесс общего дрейфа упомянутых выше кратонов к северу был особенно активным и жесткая масса палеоплатформы, занимавшая значительную часть современного Северного Ледовитого океана, в результате сжатия подверглась деструкции, а последовавшее затем горизонтальное растяжение обусловило широкое развитие процессов глыбово-блокового обрушения. Тектонические структуры позднемезозойского возраста, охватывающие по периферии Гиперборейскую платформу и Канадскую топодепрессию, а ранее - каледонская складчатая система, выделяемая под именем Арктического складчатого пояса, окаймлявшая Восточно-Арктическую палеоплатформу, свидетельствуют о периодичности процесса общего дрейфа упомянутых выше кратонов к северу. Это и представляет одну из особенностей геологической истории рассматриваемого региона, да и всего Арктического бассейна.

Список литературы

Белов Н.А., Лапина Н.Н. Донные отложения Арктического бассейна. Л.: Морской транспорт, 1961. 150 с.

Белов Н.А., Лапина Н.Н. Результаты геолого-геоморфологических исследований Арктического института // Проблемы Арктики и Антарктики. 1968. Вып. 28. С. 94-109.

Буценко В.В., Поселов В.А. Региональные особенности сейсмической конфигурации осадочного чехла глубоководного Арктического бассейна и возможности их палеотектонической интерпретации // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 5. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2004. С. 141-159.

Гуревич Н.И., Глебовский В.Ю. Краткий обзор тектонических концепций образования Американо-Северного суббассейна (Северный Ледовитый океан) // Российский геофизический журнал. 2004. № 33-34. С. 38-51.

Гусев Е.А., Бугрова Э.М., Каминский М.А., Глейзер З.И., Крылов А.А. Палеогеновые отложения хребта Ломоносова // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 6. Тр. ВНИИОкеангеология. Т. 210. СПб., 2006. С. 162-168.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР, в 2-х кн. М.: Недра, 1990. Кн. 2 - 332 с.

Кабаньков В.Я., Андреева И.А., Иванов В.Н. О происхождении донных осадков, поднятых на геотраверзе «Арктика-2000» в Северном Ледовитом океане (район поднятия Менделеева) // ДАН. 2004. Т. 399, № 2. С. 24-26.

Кабаньков В.Я., 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.

- Кабаньков В.Я., Андреева И.А. О геотектонической структуре Полярного бассейна и геологических критериях выделения его шельфовых областей // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 6. Тр. ВНИИОкеангеология. Т. 210. СПб., 2006. С. 121-130.
- Карсола А.Дж., Фишер Р.Л., Шинек, К.Дж., Шамвей Г. Батиметрия моря Бофорта // Геология Арктики. М.: Мир, 1964. С. 431-439.
- Кессель С.А. Ледяные острова Арктики. СПб.: Фонд «Отечество», 2005. 152 с.
- Ким Б.И., Глейзер З.И. Осадочный чехол хребта Ломоносова (Стратиграфия, история формирования чехла и структуры, возрастные датировки сейсмокомплексов). // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2007. Т. 15., № 4. Т. 210. С. 63-83.
- Косько М.К., Заманский Ю.А., Лангинен А.Е., Иванова Н.Н. Граница Канадской котловины и Центрально-Арктической области поднятий в районе хр. Нортвинд (Амеразийский бассейн Северного Ледовитого океана) // Геолого-геофизические характеристики литосферы Арктического региона. Вып. 4. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. С. 114-130.
- Литинский В.А. Обнаружение остатков американской дрейфующей станции «Чарли» в районе к северо-западу от о. Врангеля // Проблемы Арктики и Антарктики. Вып. 28. 1968. С. 140-145.
- Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция / Под ред. Ю.Г. Леонова и Ю.А. Воложа // Тр. ГИН РАН. Вып. 543. М.: Научный мир, 2004. 526 с.
- Поселов В.А., Верба В.В., Жолонз С.М. Типизация земной коры Центрально-Арктических поднятий Северного Ледовитого океана // Геотектоника. 2007. № 4. С. 48-59.
- Хаин В.Е., Филатова Н.И. Основные этапы тектонического развития Восточной Арктики // ДАН. 2007. Т. 415, №4. С. 518-523.
- Чувардинский В.Г. Неотектоника внешней части Балтийского щита. Апатиты: Кольский научный центр РАН, 2000. 287 с.
- Шатский Н.С. О тектонике Арктики // Геология и полезные ископаемые севера СССР. Т. 1. Геология. Л.: Изд. Главсевморпути, 1935. С. 149-168.
- Шварцахер В., Ханкенс К. Гальки, поднятые при драгировании в центральной части Северного Ледовитого океана // Геология Арктики. М.: Мир, 1964. С. 419-430.
- Backman J., Moran K., Mcluroy D. et al. Proceedings of the Integrated Ocean Drilling Program. 2006. V. 302. 169 p.
- Barron J.A. Diatom biostratigraphy of the CE-SAR 6 core, Alpha Ridge// Geol. Surv. Canada. Paper 84-22. 1985. P. 137-148.
- Berichte zur Polarforschung. 1999. 308. 159 p.
- Bischof J., Clark D., Vincent J. Origin of ice - rafted debris: Pleistocene paleoceanography in the western Arctic Ocean // Paleoceanography. 1996. V. 11, № 6. P. 743-756.
- Clark D.L. Early history of the Arctic Ocean // Paleocenography. 1988. V. 3, № 5. P. 539-550.
- Clark D.L., Kowallis B., Medaris L., Daino A. Orphan Arctic Ocean metasediment clasts; Local derivation from Alpha Ridge or pre-2,6 Ma rafting? // Geology. 2000. V. 28, № 12. P. 1143-1146.
- Forsyth D.A., Asudeh J., Green A.C., Jacson H.K. Crustal Structure of the northern Alpha Ridge beneath the Arctic Ocean // Nature. 1986. V. 322. P. 349-352.
- Grantz A., Clark D., Phillips R., Srivastava S. Phanerozoic Stratigraphy of Northwind Ridge, magnetic anomalies in the Canada Basin and the geometry and timing of rifting in the Amerasia Basin, Arctic Ocean // Geol. Soc. Amer. Bull. 1998. V. 110, №6. P. 801-820.
- Grantz A., Pease V., Wallard A., Phillips R., Clark D. Bedrock cores from 89° North: Implications for the geologic framework and Neogene paleoceanography of Lomonosov Ridge and a tie to the Barents shelf// Geol. Soc. Amer. Bull. 2001. V. 113, № 10. P. 1272-1281.
- Hall T.K. Geophysical evidence for ancient Sea-floor Spreading from Alpha Cordillera and Mendeleev Ridge // Arctic Geology. Memoir AAPG. 1973. № 19. P. 542-561.
- Jokat W., Weigelt E., Kristoffersen V., Rasmussen T., Schone T. New insights into the evolution of the Lomonosov Ridge and the Eurasia Basin // Geophysics Journal International. 1995. V. 122. P. 378-393.
- Klemperer S.L., Miller E.L., Grantz A., Scholl D.W. Crustal structure of the Bering and Chukchi shelves: Deep seismic reflection profiles the North American continent between Alaska and Russia // Geol. Soc. of America. 2002. Special Paper 360. P. 1-24.
- Lawyer L.A., Grantz A., Gahagan L.M. Plate kinematic Evolution of the present Arctic Region since the Ordovician // Geol. Soc. Amer. Special Paper 360. 2002. P. 333-358.
- Moran K., Backman I., Brinkhuis H. et al. The Cenozoic palaeoenvironment of the Arctic Ocean // Nature. 2006. V. 441/1. P. 601-605.

Ссылка на статью:



*Кабаньков В.Я., Андреева И.А. О геологической истории глубоководной части Амер-
зийского суббассейна. 60 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане (под. ред. В.Л.
Иванова). СПб.: ВНИИОкеангеология, 2008, с. 293-305.*