

УДК 551.243(-04)(268.7)

М.К. Косько, Ю.Я. Заманский, А.Е. Лангинен, Н.Н. Иванова

Граница Канадской котловины и Центрально-Арктической области поднятий в районе хребта Нортвинд (Амеразийский бассейн Северного Ледовитого океана)

Выполнен синтез литературных данных и впервые публикуемых результатов исследований вдоль дрейфа СП-31 по геологическому строению пограничной области между Канадской котловиной и Центрально-Арктической областью поднятий в районе хр. Нортвинд. На этой основе уточнены геолого-геофизические характеристики границы между этими структурами Арктического бассейна. Граница на рассматриваемом отрезке выражена крутым склоном в рельефе. В геологической структуре она представляет параллельную склону сложную зону разломов растяжения и сжатия, разделяющую области с различным типом консолидированной коры, различающиеся также гипсометрическим положением акустического фундамента и временем завершения активных блоковых движений.

Введение

Амеразийский бассейн Северного Ледовитого океана разделяется на Центрально-Арктическую область поднятий - Трансарктическое плато [*Киселев, 1986*], провинция хребтов и поднятий [*Грамберг и Камарицын, 1999*] - и Канадскую котловину. Эти области различаются по морфоструктуре, потенциальным полям и глубинному геологическому строению. В рельефе граница областей резко выражена по восточному склону хр. Нортвинд. Этот отрезок границы оказался к настоящему времени наиболее изученным в геологическом и геофизическом отношениях. Синтез информации, рассеянной по немногочисленным зарубежным статьям и публикуемым впервые результатам российских исследований, представляется полезным для совершенствования модели геологического строения и геодинамической эволюции Амеразийского бассейна. Это, в свою очередь, послужит уточнению оценки углеводородного потенциала Арктического нефтегазоперспективного супербассейна. Благодаря относительно высокой изученности, хр. Нортвинд служит геологическим репером при исследовании морфоструктурных поднятий на континентальной коре на западе Амеразийского бассейна.

Хребет Нортвинд располагается в координатах 74-79°с.ш. 152-160°з.д. Протяженность хребта с юга на север 600 км при ширине 100 км. Он входит в систему морфоструктур Центрально-Арктической области поднятий (Трансарктического мегаплато), представляя восточный блок Чукотского бордерленда. На востоке хр. Нортвинд по крутому склону - эскарпу Нортвинд - сопрягается с Канадской котловиной, на западе отделен от Чукотского купола четко выраженными линейными депрессиями в рельефе абиссальной равнины Нортвинд, на юге отделен от шельфа Чукотского моря седловиной между Канадской котловиной и абиссальной равниной Нортвинд, на севере через серию поднятий и погружений переходит в абиссальную равнину Менделеева.

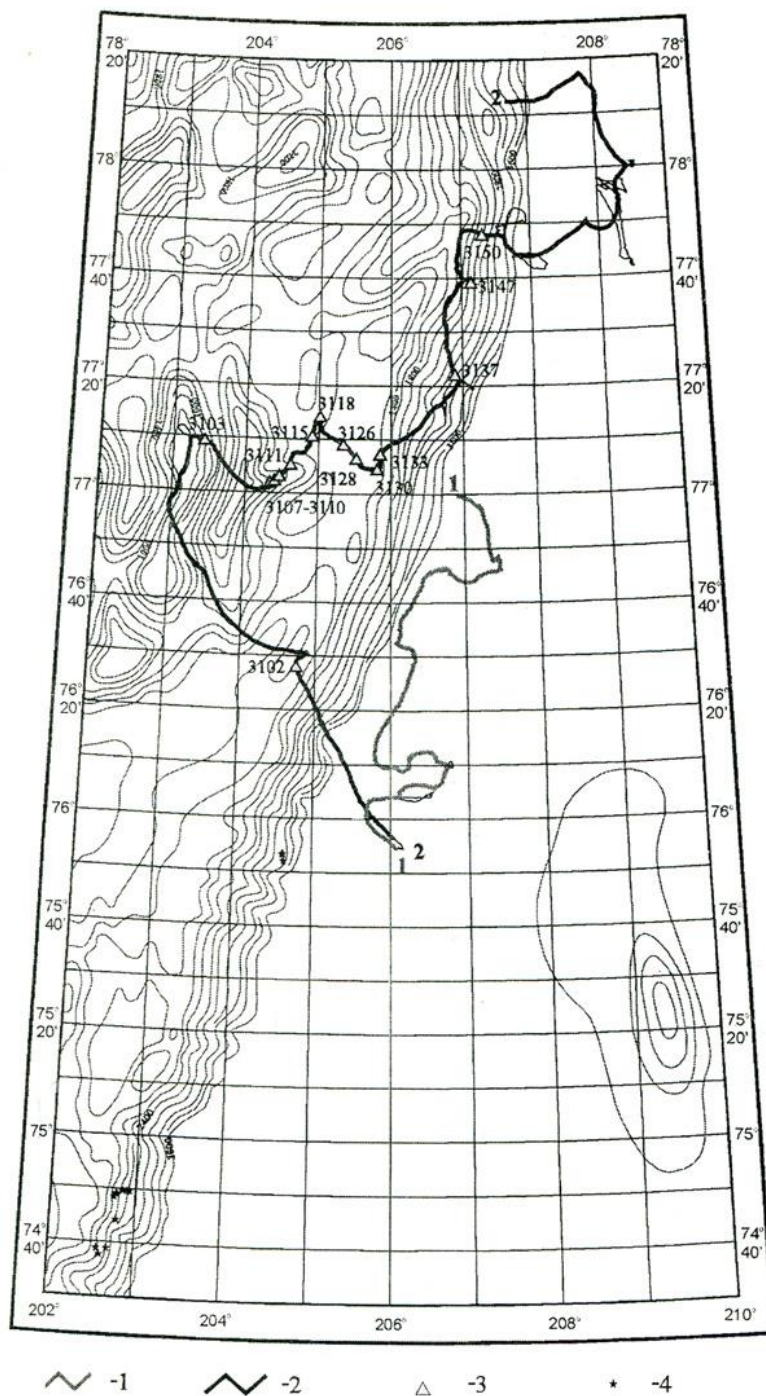


Рис. 1. Схематическая карта расположения сейсмических профилей и станций донного пробоотбора вдоль дрейфа СП-31. 1 — профиль 1; 2 — профиль 2; 3 — положение точек донного пробоотбора вдоль дрейфа СП-31; 4 — точки донного пробоотбора по данным [10].

Глубины вершинной поверхности хребта составляют 480-1200 м. Поверхность плоская, выровненная, с локальными поднятиями и впадинами. В целом она постепенно погружается в северо-северо-восточном направлении. Хребет Нортвинд располагается на континентальной коре, консолидированная кора Канадской котловины относится одними к океаническому типу [Grantz et al., 1994; 1998; Lane, 1997], либо рассматривается как океанизированная континентальная кора [Киселев, 1986].

На хребте Нортвинд и в прилегающей части Канадской котловины выполнен значительный объем геологических и геофизических исследований. В северной части вдоль дрейфа ледовой станции СП-31 в 1988-1989 гг. осуществлены сейсмические работы МОВ и геологическое опробование верхней части осадочного чехла колонковыми трубками и грейфером (рис. 1). Результатам этих работ посвящен отчет Полярной морской геологоразведочной экспедиции «Комплексные геолого-геофизические исследования на

трассе дрейфа научной станции «Северный полюс-31» в 1988-1989 гг.» (1990 г.). Всего было отобрано 111 донных проб и выполнены сейсмозондирования МОВ по трассе протяженностью 1070 км. Обработка и интерпретация сейсмических наблюдений были продолжены, и к настоящему времени получен более совершенный, чем в 1990 г., вариант сейсмического разреза.

В 1998, 1992 и 1993 гг. на хр. Нортвинд, в бассейне Нортвинд и в Канадской котловине комплексный научный эксперимент осуществлен Геологической службой США с использованием судна Береговой охраны США Polar Star. В эксперименте участвовали канадские специалисты. Проведено опробование рыхлых осадков донными трубками (75 станций в 1992 и в 1993 гг.) и коробчатыми пробоотборниками (30 проб в 1992 и 1993 гг.), выполнены сейсмические работы МОВ и КМПВ [1992 Arctic..., 1993; Grantz et al., 1994]. Результаты этих работ опубликованы лишь частично. Артуром Гранцем с коллегами проанализированы материалы донного опробования и на этом основании построены схемы стратиграфии и геологического строения южной части эскарпа Нортвинд [Grantz et al., 1998]. Эта геологическая модель использована для обоснования детального варианта плитотектонической концепции зарождения и эволюции Американо-Северного бассейна, включающей, в частности, представление о связи хребта Нортвинд со структурами шельфа моря Лаптевых и окончания хр. Гаккеля в недавнем геологическом прошлом.

Сейсмические материалы по южной части хр. Нортвинд подробно не опубликованы. Имеются лишь ссылки на предварительную интерпретацию [1992 Arctic..., 1993; Grantz et al., 1994] и иллюстрация с минимальным комментарием в упоминающейся выше статье А. Гранца и соавторов [Grantz et al., 1998]. По устному сообщению А. Гранца (осень 2001 г.) обработка и интерпретация сейсмических материалов еще не завершена.

Таким образом, для геологической характеристики хребта Нортвинд и западной окраины Канадской котловины в районе дрейфа СП-31 имеется возможность привлечь данные по соседнему с юга району. Модель строения южной части хр. Нортвинд распространяется на север на основе состава донно-каменного материала, собранного в дрейфе в ходе опробования осадков трубками. Что касается Канадской котловины, то обнаруженные здесь сейсмокомплексы осадочного чехла могут гипотетически датироваться лишь исходя из сопоставления с этапами развития и последовательностью геодинамических обстановок на лучше известных континентальных окраинах Американо-Северного бассейна, коррелируемых, когда это удастся, с эвстатическими событиями.

Геологическое строение хребта Нортвинд

Исходные данные. Представление о коренных породах на хр. Нортвинд опирается на коллекцию донно-каменного материала (ДКМ), собранного СП-31 и коллекцию псефитового материала из нижних слоев третичного разреза - толща А - Американо-Северного бассейна [Grantz et al., 1998].

Правомерность использования донно-каменного материала для познания коренной геологии в Американо-Северном бассейне оспаривается рядом знатоков этого региона [Phillips & Grantz, 2001]. Аргументация в пользу того, что существенная часть в этом материале является продуктом ледового разноса детально разработана и выглядит основательной. Но в этой аргументации нет доводов, опровергающих возможность присутствия местного материала на вершинах и склонах подводных возвышенностей. По наблюдениям в дрейфе СП-31 в районе хр. Нортвинд и в рейсе НЭС «Академик Федоров» в 2000 г. на севере хр. Менделеева содержание крупномерного материала в осадках контролируется подводным рельефом. По мере удаления от возвышенностей количество ДКМ в пробах снижается. Параллельно снижается содержание песчаной и алевритовой фракций. Связывать эти вариации только с эффектом подводных течений, которыми глинистая фракция выносятся с поднятий и отлагается в понижениях рельефа, столь же гипотетично,

как и предполагать местное происхождение ДКМ. Однако последнее предположение представляется более реальным в тех случаях, когда вещественный состав и возраст материала в группах близко расположенных проб оказывается тождественным либо родственным, и тем более тогда, когда устанавливается нормальная стратиграфическая последовательность в расположении групп проб на местности, как это имеет место на хр. Нортвинд и на севере хр. Менделеева.

Исходные данные для построения геологической модели хр. Нортвинд, наряду с результатами геологических и геофизических наблюдений СП-31, содержатся в статье А. Гранца и др. [*Grantz et al., 1998*]. В этой фундаментальной публикации наряду с обсуждением истории и механизмов формирования Амеразийского бассейна в свете впервые полученной информации характеризуется геологическое строение южной части эскарпа Нортвинд и приводится детальное описание способа получения информации по докайнозойской геологии. Уместно особо остановиться на том, как были получены фактические данные, и на приемах их интерпретации, поскольку в них заключается процедура опосредования между наблюдением и построением геологической модели.

В ходе эксперимента 1988-1993 гг. было выполнено опробование грунтовыми трубками и коробчатым пробоотборником. В 15 кернах и в одной коробчатой пробе получены данные о составе и возрасте коренных пород. В пяти трубках в основании керна подняты образцы, по признакам механического воздействия снаряда на образец оторванные от коренного ложа. Подняты также угловатые обломки коренных пород - неперемещенный дресвяный и глыбовый элювий. Выше в этих трубках и в остальных трубках на всю мощность керн представлен нижнемиоценовыми - плиоценовыми и плиоцен-четвертичными осадками. В нижней части нижнемиоценовой-плиоценовой толщи присутствует прослой дресвы, щебня, угловатых глыб с непостоянным количеством преимущественно алевропелитового заполнителя. Тектурные и структурные особенности прослоя свидетельствуют о незначительном перемещении материала и, в единичных трубках на севере, о слабой переработке в водной среде. В каждой трубке и в группе близко расположенных станций состав обломков постоянен, и обломки принадлежат одному типу пород или породам родственных типов. В то же время группы близко расположенных станций отличаются составом псефитовой кластической части от групп, находящихся на удалении. Перекрывающие грубообломочный прослой осадки содержат рассеянные псефитовые обломки того же состава, что и в подстилающих брекчиях. Здесь же могут присутствовать и чужеродные обломки. Породы каждого литологического типа датированы палеонтологически и различаются возрастом в разных группах проб. Их расположение с севера на юг вдоль эскарпа Нортвинд и вверх по склону укладывается в нормальную стратиграфическую последовательность. Таким образом, грубообломочный прослой в подошве миоценовых-плиоценовых осадков является делювием либо элювием, незначительно переработанным в водной среде в ходе последовавшей трансгрессии. По составу обломков можно судить о коренной геологии и построить схематическую геологическую карту, как это и исполнено А. Гранцем. Приведенная А. Гранцем карта подкреплена предварительно интерпретированным разрезом МОВ по широте примерно $74^{\circ}48'$.

В отличие от миоценовых-нижнеплиоценовых осадков грубообломочная компонента позднеплиоценовой - четвертичной толщи характеризуется по А. Гранцу смешанным в отношении литологического типа пород составом с относительно выдержанным соотношением пород различных типов по всей площади исследования независимо от подводного рельефа. Этим результаты американских исследований отличаются от результатов опробования четвертичной толщи вдоль дрейфа СП-31, которые показывают зависимость состава осадков от рельефа.

Геологическое строение. На хр. Нортвинд под маломощным верхнекайнозойским чехлом допускается наличие докембрийского гранито-метаморфического фундамента и распространены палеозойские, триасовые, юрские, раннемеловые и позднемеловые

образования (рис. 2). Докембрийские образования слагают нижнюю часть эскарпа на северо-северо-востоке. Они перекрыты полого залегающими палеозойскими осадочными толщами. Палеозойские отложения распространяются вдоль эскарпа к югу и образуют отдельные возвышенности на хребте Нортвинд и на абиссальной равнине Нортвинд. В южной части эскарпа палеозой перекрыт нижнетриасовой толщей, выше которой залегают верхнетриасовая и юрская толщи. Эти толщи сменяют друг друга вверх по склону и с севера на юг, что предполагает их пологое падение к югу и/или к юго-западу. Раннемеловые отложения встречены в основании склона на границе с Канадской абиссальной равниной на глубине моря 3500 м. По-видимому, они относятся к чехлу Канадской котловины, а не к хр. Нортвинд. Верхняя часть эскарпа и обширные площади на хребте сложены верхнемеловыми отложениями, с угловым несогласием перекрывающими палеозойские и более древние мезозойские толщи. Верхнемеловые отложения полого падают на восток. Локальные депрессии на хр. Нортвинд и на абиссальной равнине Нортвинд выполнены третичными осадками, возможно с палеогеновыми слоями в нижней части. Хребет расчленен разломами северо-северо-восточного, северо-восточного и меридионального простираний, выявленными по сейсморазведочным данным и морфоструктурным признакам.

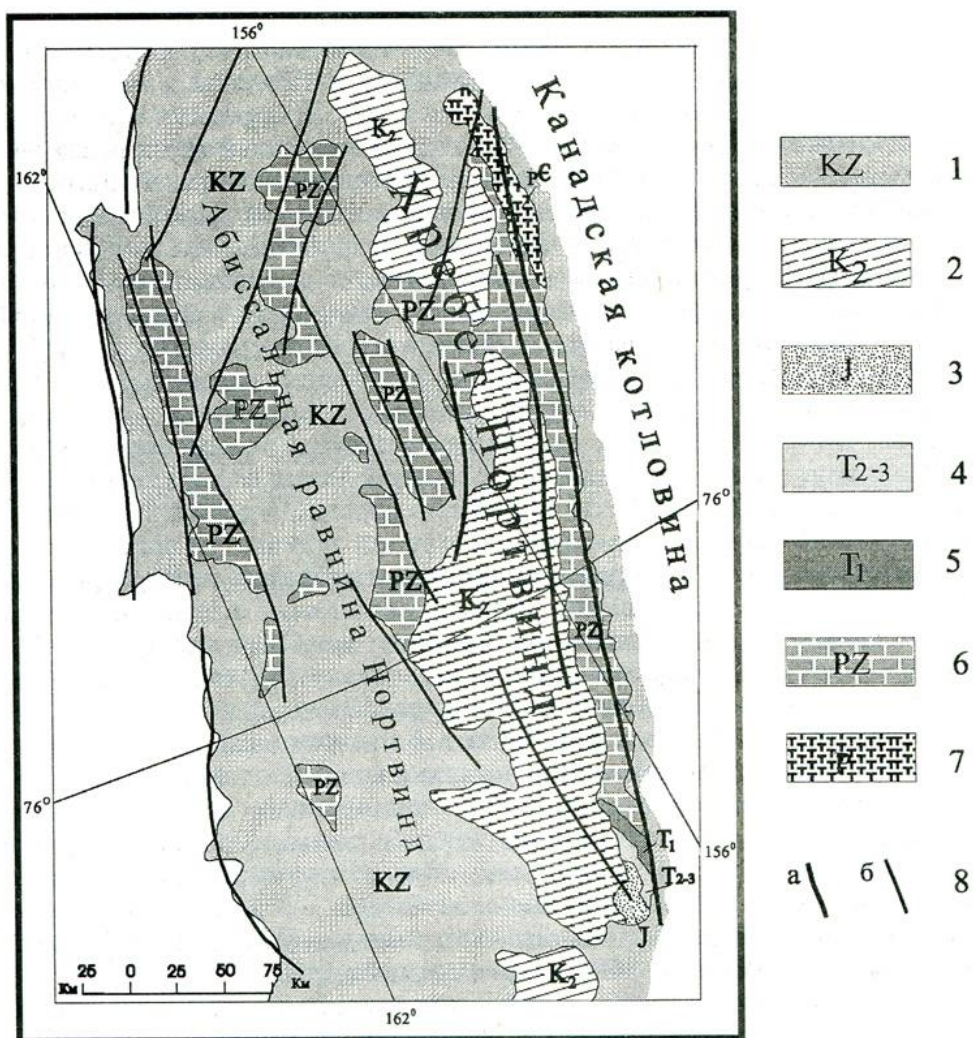


Рис. 2. Схематическая геологическая карта хр. Нортвинд.

Плиоцен-четвертичные отложения сняты.

Составлена по материалам дрейфа СП-31 и данным А. Гранца и др. [10].

1 — кайнозойские отложения; 2 — верхний мел; 3 — юра; 4 — верхний триас; 5 — нижний триас; 6 — палеозой; 7 — докембрий; 8 — разломы, преимущественно сбросы: а — по сейсмическим данным, б — по морфоструктурным данным.

Выделение докембрийского фундамента - наиболее уязвимый элемент предлагаемой гипотетической модели. В донно-каменном материале СП-31 фундамент представлен редкими обломками лейкогранита и пегматита.

Палеозойский разрез по фауне конодонтов и фораминифер разделяется на позднекембрийскую - ордовикскую часть и раннекаменноугольную - позднепермскую часть. Отсутствие силурийских и девонских органических остатков объясняется длительным перерывом. Ордовик - нижняя пермь представлены окремненными и неокремненными карбонатами: органогенными известняками, оолитовыми и кристаллически-зернистыми известняками и доломитами, а также известковистыми алевролитами, спикуляритами, кремнистыми породами, лютитами. Верхнему кембрию приписывается алевропелитовый состав. Кроме конодонтов и фораминифер в отложениях обнаружены водоросли, губки, криноидеи, мшанки, кораллы, брахиоподы, гастроподы, аммоноидеи, остракоды, иглокожие, трилобиты.

Нижний триас установлен по конодонтам и фораминиферам. Присутствуют также радиолярии и палиноморфы. Отложения представлены серыми глинистыми сланцами и глинистыми алевролитами, а также градиционно-слоистыми кварцевыми алевролитами и тонкозернистыми песчаниками.

Средне-верхнетриасовые отложения выделены по пелециподам и фораминиферам, при этом поздний триас установлен надежно, а присутствие ладинских слоев среднего триаса предполагается. По составу это глинистые алевролиты, кварцевые алевритистые песчаники с обломками моллюсков, иглокожих и фораминиферами, а также хорошо сортированные кварцевые песчаники.

Верхнеюрские отложения представлены темно-серыми пиритсодержащими алевритистыми сланцами с остатками фораминифер, динофлагеллят и лагунных водорослей. Возраст установлен по фораминиферам. Между триасовыми и верхнеюрскими отложениями предполагается перерыв.

Нижнемеловые апт-альбские отложения представлены глинистыми сланцами, возраст которых определен по остаткам палиноморф в матриксе вмещающих третичных осадков.

Докембрийские - раннемеловые комплексы по сейсмическим наблюдениям СП-31 располагаются ниже поверхности акустического фундамента (рис. 3, 4).

Верхнемеловые (верхний сеноман - турон) отложения - слабо уплотненная неясно слоистая и массивная порода биотит-плаггиоклаз-кварцевого состава, на 80-95% сложенная алевритовыми частицами. Тектурные и структурные признаки наряду с составом указывают на высокое содержание риодацитового пеплового материала. К этому возрасту возможно относятся кислая лавобрекчия и микрофельзит из коллекции СП-31. По содержащимся в породе переотложенным фрагментам конодонтов установлено, что перед накоплением позднемеловых осадков на эрозионную поверхность выходили пермские - триасовые толщи. Ar^{40}/Ar^{39} возраст пирокластического биотита равен 90.6 ± 2.1 млн лет. Возрастной диапазон обнаруженных в отложениях радиолярий скорее всего среднемеловой - позднемеловой.

Кайнозойские рыхлые осадки сплошным чехлом перекрывают более древние образования на вершине и склонах хр. Нортвинд. Нижние слои вскрытого разреза датируются миоценом по микроорганизмам [Clark, 1996; Grantz et al., 1998]. По составу это в основном алевритистые глины с рассеянными псефитовыми обломками, с отдельными песчаными и гравийными прослоями. В основании встречен прослой дресвы и щебня. Плиоцен-четвертичные отложения обычно рассматриваются как ледово-морские, миоценовые осадки по фораминиферам относятся к морским от глубоководных до мелководных. Вскрытая трубками мощность отложений не превышает 9 м. Нами предполагается, что в понижениях рельефа присутствуют скорее всего также и верхнеолигоценые осадки. Не исключается наличие более древних слоев палеогена.

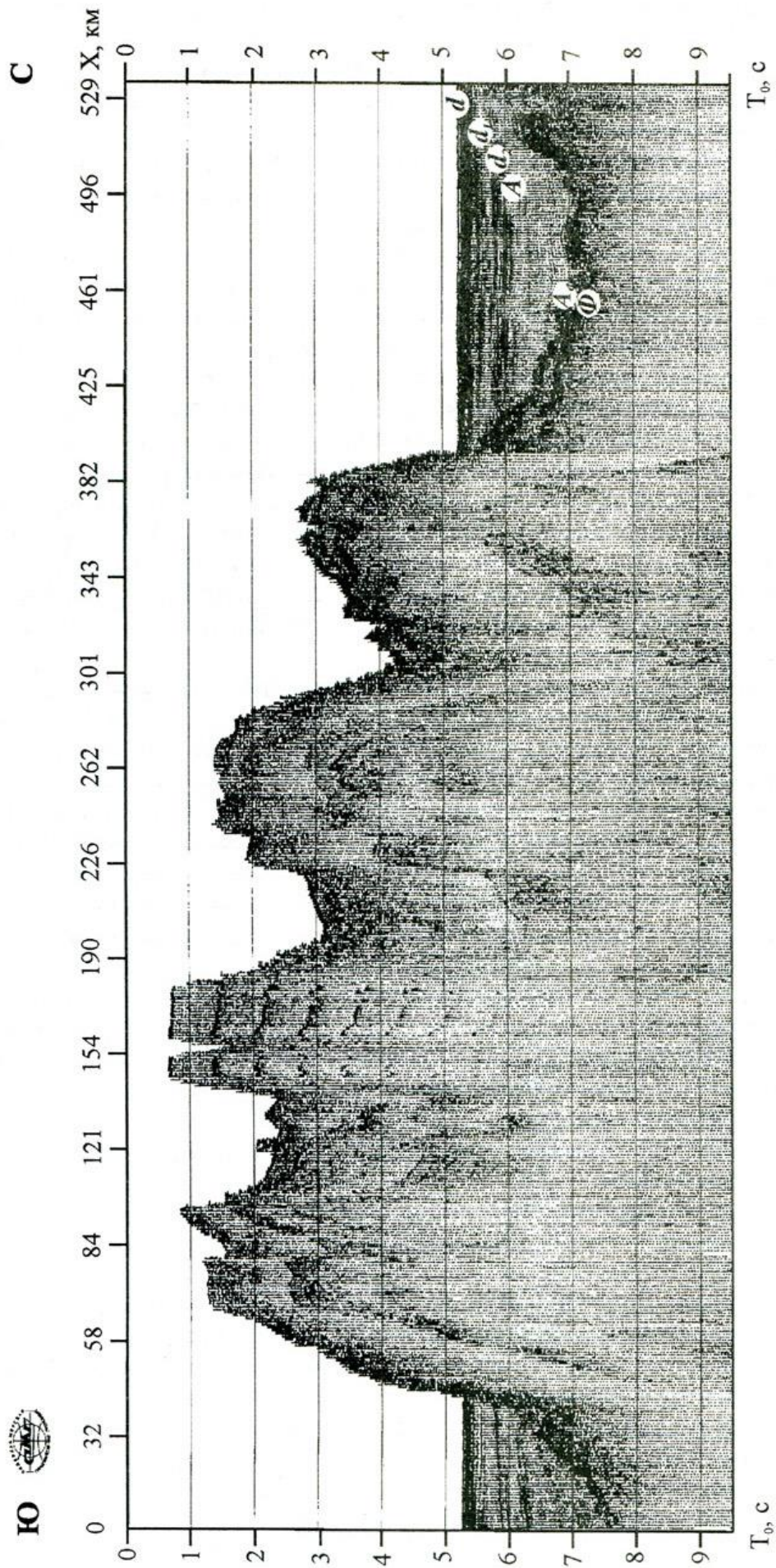


Рис. 3. Хребет Нортвинд. Суммарный временной сейсмический разрез МОВ(ОПВ) по профилю 2, СП-31.

Верхнемеловой и третичные сейсмокомплексы просматриваются в грабенах и относительно опущенных блоках на хр. Нортвинд, хотя сейсмические границы выделяются здесь неуверенно и плохо коррелируются при переходе от одной формы рельефа к другой (рис. 3, 4). Опираясь на американские данные и донно-каменный материал, предполагается наличие верхнемеловой толщи, а следующий выше акустического фундамента уверенный рефлектор принимается за подошву третичных отложений.

По фаунистическим ассоциациям и литологическим признакам палеозойские толщи относятся к осадкам карбонатного шельфа в пределах фотической зоны, прибрежного мелководья с нарушенной и нормальной соленостью, литорали и сублиторали. Только для кембрия может предполагаться пелагиаль мелкого моря. Среди триасовых отложений выявлены дистальные турбидиты внешнего шельфа и бассейновые осадки. Юрские и поздне-раннемеловые лютиты и алевроиты по мнению А. Гранца выполняли конседиментационные рифты. Позднемеловые кислые туфы отлагались на изолированном от берега подводном поднятии.

Палеозойские - верхнеюрские толщи полого погружаются к югу. Они несогласно перекрыты верхнемеловыми отложениями, полого погружающимися на восток. Эта общая установленная А. Гранцем тенденция использована для построения прилагаемой схематической геологической карты. Изображенные на карте разломы (рис. 2), по нашему мнению, скорее всего являются сбросами. Сбросы северо-восточного простирания возможно обладают правосторонней сдвиговой компонентой. По материалам А. Гранца в основании эскарпа Нортвинд присутствуют взбросы восточной vergentности, что обосновывает идею надвигания континентального блока хребта на океанический блок Канадской котловины.

В целом хребет Нортвинд является останцом древней платформы, расчлененным на горсты и грабены в ходе формирования пассивной континентальной окраины в позднем мезозое - кайнозое. Платформенная природа региона подтверждается в частности отсутствием петрографических признаков метаморфизма в фанерозойских толщах и низким индексом окрашивания конодонтов.

Западная окраина Канадской котловины

В качестве реперов для геологической интерпретации сейсмического разреза МОВ вдоль рейса СП-31 выбраны два района: северо-восток Чукотского моря и море Бофорта - дельта р. Маккензи (рис. 5). Оба района основательно изучены сейсмически, геологическая интерпретация профилей опирается на солидный объем бурения. Располагаясь на пассивной континентальной окраине,

Чукотское море и море Бофорта геодинамически сопряжены со становлением и эволюцией Американо-Чукотского бассейна, и в мощных разрезах накопившихся здесь позднемезозойских и кайнозойских осадков отражены события, общие для океанического бассейна и континентальной окраины.

На северо-востоке Чукотского моря наиболее полным разрезом позднемезозойских и кайнозойских отложений обладает восточная часть прогиба Вилькицкого (Северо-Чукотский бассейн в терминологии американских авторов). Этот разрез мощностью около 15 км разделяется на толщи с четко прослеживаемыми сейсмическими границами [Sherwood *et al.*, 1998]. Накопление каждой толщи контролируется специфической тектонической обстановкой, их границы суть рубежи геологической эволюции. Геодинамический режим в поздней юре - раннем мелу (оксфорд - предаптское время) определяется как рифтовый. Нижней границей соответствующего осадочного комплекса является верхнеюрское несогласие JU, верхняя граница - брукское несогласие BU в подошве глинистой формации Торок (рис. 5, колонка IV). Внутри этого комплекса находится нижнемеловое несогласие LCU в подошве галечно-сланцевой толщи.

Несогласия LCU и BU разделены 6 млн лет по времени и 60 м по мощности в скважинах по соседству с прогибом Вилькицкого. Отсюда следует, что в менее изученных сопредельных районах можно ожидать наличие опорного сейсмического горизонта в интервале готерив-апт. На границе мела и палеогена в прогиб Вилькицкого распространяется среднебрукское несогласие MBU, разделяющее два основных тектоно-седиментационных цикла. Наиболее поздняя перестройка геодинамического режима коррелируется с перерывом между позднеэоценовыми и позднеолигоценовыми осадками в скважине Попкорн, расположенной на незначительном удалении от прогиба. Перерыв надежно картируется сейсморазведкой на северо-востоке Чукотского шельфа как верхнебрукское несогласие - UB [Lothamer, 1992]. Верхнеюрское UJ и верхнебрукское UB точно совпадают с границами эвстатических суперциклов (рис. 5, колонка I).

В районе моря Бофорта и в дельте р. Маккензи в юре - раннем мелу формировались грабены, выполненные синрифтовыми толщами. С позднего мела, с подошвой которого совмещено несогласие mC (рис. 5, колонка VI), осадконакопление происходило на периферии обширного океанического бассейна [Лейн, 2001; Dixon, 1995; Lawver & Scotese, 1990]. В позднемеловом - палеогеновом разрезе многочисленны перерывы и несогласия (рис. 5, колонки V, VI). В третичной истории отмечен ряд фаз деформаций, зафиксированных перерывами и угловыми несогласиями между сейсмокомплексами на шельфе. Фазы деформаций проявлялись зонально с различной интенсивностью и мигрировали в сторону Американо-Азиатского бассейна [Lane, 1995]. Они представляют региональную особенность Бофортского шельфа. На этом фоне удается проследить верхнеолигоценовое несогласие uO, совпадающее с глобальным эвстатическим минимумом - возрастом 30 млн лет (рис. 5, колонка I) [Вейл и др., 1982; Haq et al., 1987] и несогласие uM, отвечающее позднемиоценовым и плиоценовым эвстатическим минимумам, включая мессинское событие. Что касается среднепалеоценового несогласия mP (рис. 5, колонка VI), то в пределах обоснованной точности оно совпадает с трансрегиональной границей мела и палеогена и соответствующими границами эвстатических суперциклов (рис. 5, колонка I).

В котловинах и на внутренних поднятиях Американо-Азиатского бассейна проведены региональные рекогносцировочные сейсмические исследования. Существуют различные варианты геологической интерпретации сейсморазведочных данных. Один из последних, реализованный В.В. Буценко [2001] для акватории Центрально-Арктической области поднятий на основе последовательного применения сейсмостратиграфической методологии, представляется наиболее ценным для сравнения с сейсмическим разрезом в западной части Канадской котловины. Из морфоструктур Американо-Азиатского бассейна сходное с районом дрейфа СП-31 положение относительно бордерлендов и шельфа занимает котловина Подводников. Расчленение осадочного чехла, опорные рефлекторы и интервальные скорости в котловине Подводников показаны на рис. 5, колонка III. Эта модель не подтверждена бурением. Она не может напрямую переноситься в Канадскую котловину также и потому, что, хотя эти регионы относятся к единому океаническому бассейну и подчиняются общим закономерностям его развития, они могут различаться частностями.

Общими для Американо-Азиатского бассейна, его шельфовых окраин и борделендов являются следующие рубежи и этапы эволюции.

Позднемезозойский (юра - ранний мел) рифтогенез, отражающий специфическую стадию формирования Арктического бассейна.

В позднем мелу накапливались терригенные осадки в шельфовых прогибах и на континентальном склоне Американо-Азиатского океанического бассейна. В прогибе Вилькицкого они отделены от палеогеновых четким рефлектором. На суше этому времени отвечают перерывы в разрезе (рис. 5, колонки II и V). Палеогеновые толщи залегают с несогласием на меловых и более древних на северо-востоке Чукотского моря и в других районах западной окраины Американо-Азиатского бассейна.

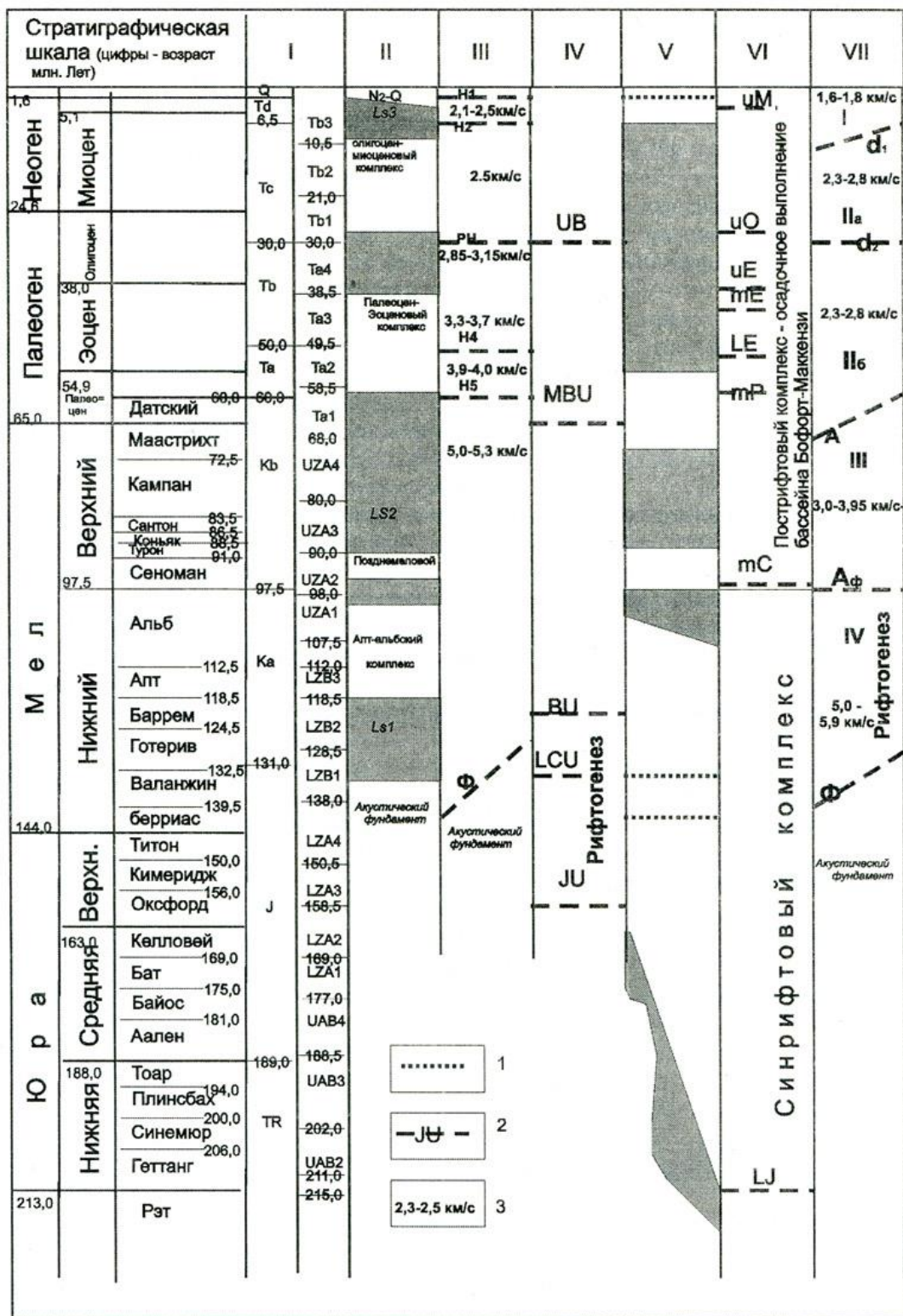


Рис. 5. Схема сопоставления региональных перерывов, несогласий, опорных сейсмических горизонтов, эвстатических колебаний.

Колонки: I — эвстатические суперциклы а) по [2], б) по [12]; II — позднемезозойские и кайнозойские осадочные комплексы и опорные сейсмические горизонты в районе Новосибирских островов по М.К. Косыко и Г.В. Труфанову (в печати); III — расчленение осадочного чехла в котловине Подводников по [1]; IV — опорные сейсмические горизонты на северо-востоке Чукотского моря по [16, 18]; V — схема стратиграфии северного Юкона, северного склона Аляски по [9—figure 1, Correlation Chart of the Canadian Cordillera]; VI — главные несогласия и перерывы в стратиграфическом разрезе района Бофорт — Маккензи по [8]; VII — расчленение позднемезозойского — кайнозойского осадочного чехла в районе хр. Нор-твинд — на западе Канадской котловины в настоящей работе. 1 — перерывы и несогласия, 2 — опорные сейсмические горизонты и их индексы, 3 — интервальные скорости.

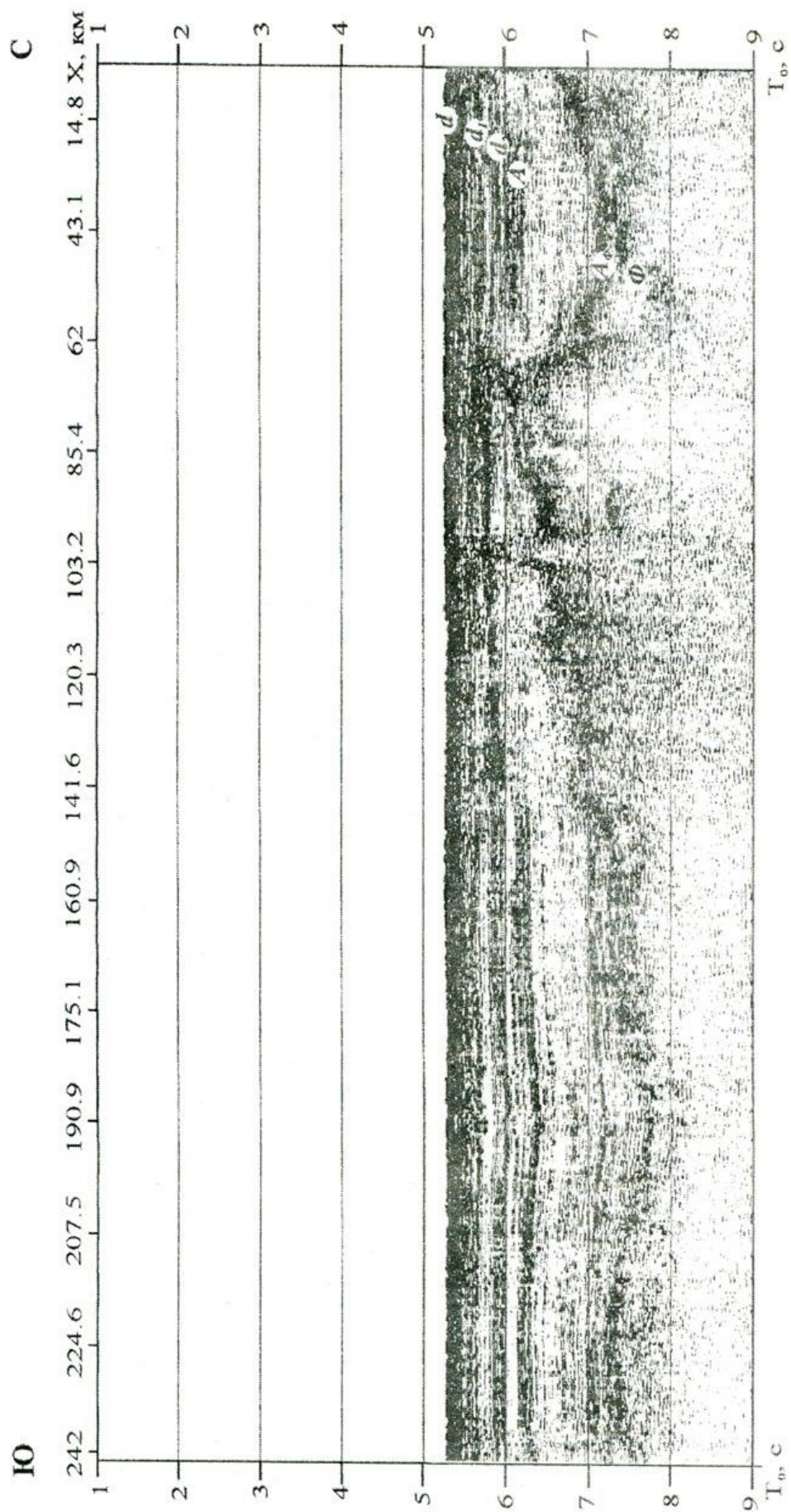


Рис. 6. Западная часть Канадской котловины. Суммарный временной сейсмический разрез МОВ(ОПВ) по профилю 1, СП-31.

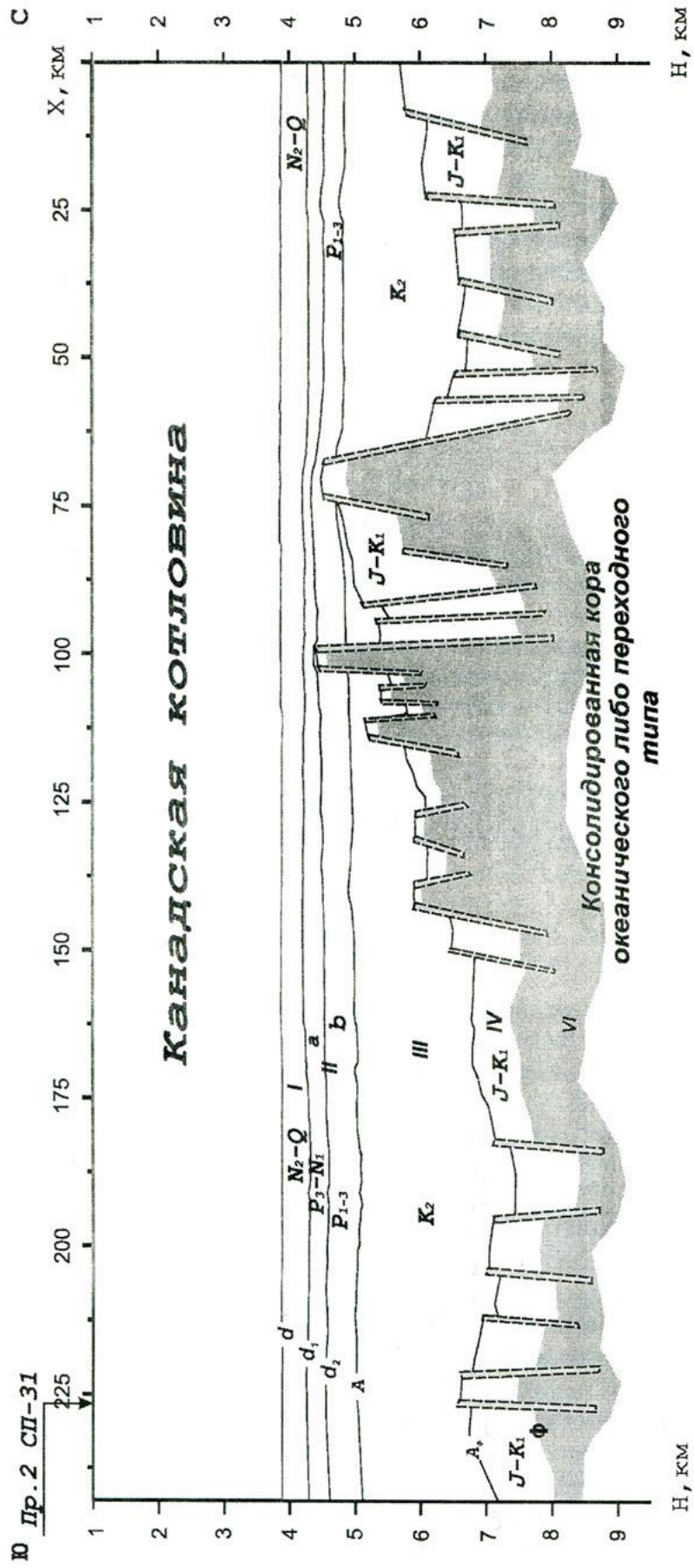


Рис. 7. Западная часть Канадской котловины. Сейсмогеологический разрез по профилю 2, СП-31.

Региональный перерыв располагается в позднем олигоцене, отделяя от подстилающих позднеолигоценовые - миоценовые толщи. Он проявлен очень широко на восточно-арктической окраине Евразии, в море Бофорта и, по-видимому, на западе Американо-Тихоокеанского бассейна.

Позднемиоценовый - плиоценовый перерыв универсально распространен в Арктическом бассейне и на его периферии, но не всегда фиксируется методами МОВ. Так же как и предыдущий, этот перерыв отражает глобальные эвстатические минимумы с возрастом 6.5 либо 10.5 млн. лет.

В осадочном чехле западной части Канадской котловины выделяется ряд сейсмостратиграфических комплексов (рис. 5, колонка VII, рис. 6, 7). Приводимые ниже интервальные скорости сейсмических волн получены в результате исследований экспедиции Север-78.

Комплекс I (дно - рефlector d_1 , скорость 1.6-1.8 км/с), по-видимому, представлен плиоцен-четвертичными рыхлыми пелитами и лютитами. Возможно, в его нижней части присутствуют позднемиоценовые осадки моложе 10.5 млн лет. Мощность комплекса 0.5 км.

Комплекс II (рефлекторы d_1A , скорость 2.3-2.8 км/с) палеоцен-миоценового возраста. Это несколько уплотненные существенно алевропелитовые осадки. Несогласием d_2 комплекс подразделяется на позднеолигоценовую - миоценовую и палеоцен-олигоценовую части. Основанием для датировки служат сопоставления с эвстатическими событиями и региональными несогласиями. Мощность комплекса достигает 0.8 км.

Комплекс III (рефлекторы AA_{ϕ} , скорость 3.0-3.95 км/с). В отличие от недеформированных вышележащих комплексов, этот комплекс в подошве нарушен разломами, а его кровля не нарушена. Подошва комплекса волнисто погружается в сторону Канадской котловины, с чем связано возрастание мощности комплекса в этом направлении. Экстраполируя в котловину литологические характеристики, установленные на хр. Нортвинд, и учитывая более высокие, чем в перекрывающих сейсмокомплексах, скорости, можно предполагать, что в верхнемеловой толще преобладают слабо литифицированные алевролиты с высоким содержанием вулканомиктового материала. Комплекс представляет синтетектоническое выполнение обширного осадочного бассейна. Канадская котловина уже существовала в позднем мелу, отсюда комплексу приписывается позднемеловой возраст, а его кровля коррелируется с границей мела и палеогена. Максимальная мощность комплекса составляет 2.3-2.5 км.

Комплекс IV (рефlector A_{ϕ} - акустический фундамент Φ , скорость 5.0-5.9 км/с). Комплекс интенсивно нарушен разломами и характеризуется изменчивой мощностью. По этим признакам он сопоставляется с позднемезозойскими терригенными рифтовыми образованиями. Мощность комплекса достигает 2 км.

Ниже поверхности акустического фундамента, по-видимому, располагаются комплексы коры переходного типа - преобразованной континентальной коры, включая платформенный чехол и утоненный консолидированный фундамент [Киселев, 1986]. Это представление поддерживается наличием рифтогенного позднемезозойского комплекса в основании осадочного чехла и сложной горсто-грабеновой структурой кровли акустического фундамента (рис. 6, 7). В то же время широко распространено мнение об океанической природе фундамента в Канадской котловине [Grantz et al., 1998; Lane, 1997; Lawver & Scotese, 1990].

Заключение

Основные результаты выполненного обзора сводятся к следующему.

Подтверждена сейсмическими материалами разломная природа границы между Канадским бассейном и Трансарктическим мегаплато в районе хр. Нортвинд. Граница представляет зону разломов сбросового и взбросового типа. Взбросы падают в склон

хр. Нортвинд, падение сбросов ориентировано в направлении склона, однако они заметно круче.

Уточнено строение хр. Нортвинд - приграничного с Канадской котловиной блока Трансарктического мегаплато. Этот блок представляется фрагментом древней платформы с синклинальным кристаллическим фундаментом и чехлом от кембрийского до современного возраста. В позднем мезозое - кайнозое платформа преобразована в горсто-грабеновую структуру в результате тектонической активизации, сопряженной с заложением и развитием глубоководных бассейнов Северного Ледовитого океана.

Охарактеризован осадочный чехол западной периферии Канадского бассейна. Мощность чехла до акустического фундамента достигает здесь 4 км, а глубина погружения акустического фундамента - до 8 км. В основании осадочного чехла располагается юрско-раннемеловой синрифтовый комплекс. Горсто-грабеновая структура сформировалась преимущественно в позднем мезозое. Лишь единичные горсты затрагивают палеогеновые сейсмокомплексы. Этим приграничная область Канадской котловины отличается от смежной зоны Трансарктического мегаплато, где блоковые движения продолжались в антропогене. Структурные особенности нижней части осадочного чехла и кровли акустического фундамента лучше согласуются с представлением о переходном, а не океаническом, типе земной коры на западе Канадской котловины.

Таким образом, граница между Канадской котловиной и Центрально-Арктической областью поднятий (Трансарктическим мегаплато) в районе хр. Нортвинд, выраженная крутым склоном в рельефе, представляет сложную зону разломов растяжения и сжатия. Она разделяет области, различающиеся типом консолидированной коры, гипсометрическим положением акустического фундамента и временем завершения активных блоковых движений.

Список литературы

1. Буценко В.В. Сейсмостратиграфический анализ осадочного чехла в западной части Американо-Арктического бассейна // Автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. СПб, ВНИИОкеангеология, 2001. 27 с.

2. Вейл П.Р., Митчем Р.М., Томпсон С. Глобальные циклы относительных изменений уровня моря // Сейсмическая стратиграфия. Использование при поисках и разведке нефти и газа / под ред. Ч.Пейтона. В 2-х частях. Часть 1. Русский перевод под редакцией Н.Я.Кунина и Г.Н.Гогоненкова. Москва, Мир, 1982. С. 160-183.

3. Грамберг И.С., Камарицын А.А. (редакторы). Объяснительная записка к картам Арктического бассейна: 1. Ортографическая карта Арктического бассейна, масштаба 1:5000000, проекция гномоническая. 2. Рельеф дна Северного Ледовитого океана, масштаба 1:5000000, изобаты 50, 100, 200, и далее через 500 м. СПб, ВНИИОкеангеология, ГУНИО МО РФ, 1999. 38 с.

4. Киселев Ю.Г. Глубинная геология Арктического бассейна. М., Недра, 1986. 224 с.

5. Лейн Л.С. Эволюция континентальной окраины канадской части моря Бофорта в мелу и кайнозое в связи с ресурсами нефти и газа // St. Petersburg 2001 VNIGRI/AAPG regional International Conference, Exploration and Production Operations in Difficult and sensitive Areas. July 15-18, 2001. Abstracts Poster Presentations. St. Petersburg, 2001. P. 6-9.

6. 1992 Arctic Summer West Scientific Party (A.Grantz, Senior Scientist), [Cruise to the Chukchi Borderland, Arctic Ocean](#) // Eos. 1993. V. 74. P.249, 253-254.

7. Clark D.L. [The Pliocene record in the central Arctic Ocean](#) // Marine Micropaleontology. 1996. V. 27. P. 157-164.

8. Dixon J. (editor). Geological Atlas of the Beaufort-Mackenzie area // Geological Survey of Canada Miscellaneous Report 59, 1995. 174 p.

9. *Gabrielse H., Yorath C.J.* (eds.). *Geology of Canada*, № 4 *Geology of the Cordilleran Orogen in Canada*. Geological Survey of Canada, 1992. 844 p.
10. *Grantz A., Clark D.L., Phillips R.L., Srivastava S.P.* [Phanerozoic stratigraphy of Northwind Ridge, magnetic anomalies in the Canada basin, and the geometry and timing of rifting in the Amerasia basin, Arctic Ocean](#) // *GSA Bulletin*, June 1998. V. 110. № 6. P. 801-820.
11. *Grantz A., Hart P.E., Phillips R.L., McCormic M., Perkin R.G., Jackson R., Gagnon A., Li S., Byers C., Schwartz K.R.* [Preliminary results of a binational research cruise in the western Arctic Ocean](#) // *Polar Geography and Geology*, 1994. V. 18. №3. P. 187-210.
12. *Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R.* [Chronology of Fluctuating Sea Levels since the Triassic](#) // *Science*. 1987. V. 235. P. 1156-1167.
13. *Lane L.S.* [Canada Basin, Arctic Ocean: Evidence against a rotation origin](#) // *Tectonics*. 1997. V. 16. № 3. P. 363-387.
14. *Lane L.S.* [Tertiary structural evolution of the Beaufort Sea - Mackenzie Delta region, Arctic Canada](#) // *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*. 1995. V. 43. № 3. P.293-314.
15. *Lawver L.A., Scotese C.R.* A review of tectonic models for the evolution of the Canada basin // *Grantz, A., Johnson, L., and Sweeney, J.F.* (eds.). *The Arctic Ocean region*; 1990. Boulder, Colorado, Geological Society of America, *Geology of North America*. V. L. P. 593-618.
16. *Lothamer R.T.* Early Tertiary Wrench Faulting in the North Chukchi Basin, Chukchi Sea Alaska // *Proceedings, 1992 International Conference on Arctic Margins*, U.S. Mineral Management Service, OCS Study, MMS 94-0040. P.251-256.
17. *Phillips R.L., Grantz A.* [Regional variations in provenance and abundance of ice-rafted clasts in Arctic Ocean sediments: implications for the configuration of late Quaternary oceanic and atmospheric circulation in the Arctic](#) // *Marine Geology*. 2001. V. 172. P. 91-115.
18. *Sherwood K.W., Craig J.D., Lothamer R.T., Johnson P.P., Zerwick S.* A Chapter 13 Chukchi Shelf Assessment Province // *Undiscovered Oil and Gas Resources Alaska Federal Offshore (As of January 1995)* / *Sherwood K. W. Sherwood* (ed.). U.S. Minerals Management Service, OCS Monograph MMS 98-0054. 1998. P. 115-196. Supplements. A56 p., B 89.

Kos'ko M.K., Zamansky Yu.Ya., Langhinen A.E., Ivanova N.N. **Canada Basin / Central Arctic elevated area boundary in Northwind Ridge area (Amerasia Basin, Arctic Ocean)** // *Geological-geophysical features of the lithosphere of the Arctic Region*. St.Petersburg. VNIIOkeangeologia, 2002. № 4. P. 114-130.

Published data and firstly presented original results of SP-31 expedition were summarized to describe surface and deep geology of a boundary zone between Canada Basin and Transarctic Megaplateau in Northwind Ridge area. The boundary is manifested as a steep topographic escarpment paralleled by a fault zone subsurface. The fault zone comprises normal faults and thrust faults. It separates domains underlain by normal continental crust from those underlain by intermediate type solid crust. The domains vary in the altitude of the acoustic basement and in the time of the cessation of the horst and graben motions.

Ссылка на статью:



Косько М.К., Заманский Ю.Я., 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. СПб, ВНИИОкеангеология, 2002. Вып. 4. С. 114-130.