

На правах рукописи



ДАНУКАЛОВА Мария Константиновна

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ ТЕРРИТОРИИ ОСТРОВОВ БЕННЕТА И КОТЕЛЬНЫЙ В РАННЕМ ПАЛЕОЗОЕ

специальность 25.00.01 –
общая и региональная геология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва-2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Геологическом институте Российской академии наук (ГИН РАН).

Научный руководитель:

Кузьмичев Александр Борисович, доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геологии офиолитов ГИН РАН

Официальные оппоненты:

Никишин Анатолий Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой региональной геологии и истории Земли ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»

Прокопьев Андрей Владимирович, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией геодинамики и региональной геологии ФГБУН Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН

Ведущая организация:

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского»

Защита состоится 27 октября 2016 года в 14.30 на заседании диссертационного совета Д.002.215.01 при ФГБУН Геологическом институте РАН по адресу: 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, конференц-зал ГИН РАН (4 этаж).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке геологической литературы Секции Наук о Земле РАН по адресу: Москва, Старомонетный пер., д. 35, ИГЕМ РАН и на сайте ГИН РАН: <http://ginras.ru/struct/21/20/dis.php>

Автореферат разослан «___» сентября 2016 г.

Отзывы на автореферат, заверенные печатью, в 2-х экземплярах просьба направлять по адресу: 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, Геологический институт РАН, ученому секретарю диссертационного совета Патиной Ирине Станиславовне (e-mail: ira_patina@mail.ru). Требования к оформлению отзывов приведены на предпоследней странице обложки автореферата.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат геолого-минералогических наук

Патина И.С.

На первой странице обложки: выходы карбонатных турбидитов нижнего ордовика на юго-западном берегу полуострова Чернышева (о. Беннетта), перекрытые нижнемеловыми базальтами. На дальнем плане справа - мыс Софии (фото А.Б.Кузьмичева)

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования

Домеловая геологическая история территории Новосибирских островов, тектоническое положение этого участка шельфа в системе террейнов современной Арктики являются вопросами, не имеющими на данный момент однозначного ответа. Большинство исследователей относят архипелаг к отдельному тектоническому блоку, экзотическому по отношению к Сибирской платформе (напр., Sengor, Natal'in, 1996). Более того, иногда разные группы островов интерпретируют как различные тектонические единицы, противопоставляя северо-восточную часть архипелага юго-западной (Косьюко, 2007; Drachev, 2011). Согласно другой, менее распространенной, точке зрения, Новосибирские острова в палеозое соединялись с Сибирью (Kuzmichev, 2009; Cocks, Torsvik, 2011). Главной причиной таких разногласий является недостаточная изученность архипелага. Так, сведения о геологическом строении некоторых островов ограничивались до недавнего времени результатами 1 : 1 000 000 съемки середины прошлого века. Новосибирские острова занимают ключевое положение в структуре Арктики, и их изучение позволяет внести вклад в решение некоторых общих вопросов тектоники региона. За последние годы на Новосибирские о-ва было организовано две международные геологические экспедиции. Их результатом явился ряд публикаций, большинство из которых основано на результатах лабораторного изучения собранных образцов, преимущественно на датировании цирконов. Не умаляя важность этих новых данных, автор убежден в том, что обоснованно судить о геологическом строении и геологической истории региона можно только на основании результатов полноценных полевых исследований, включающих комплексное изучение стратиграфии осадочных толщ, первичных седиментационных текстур, комплексов фауны, состава обломочного материала, структуры, проявлений магматизма и пр.

Именно такой подход использован в данной работе, применимо к одному из наиболее известных и наименее изученных островов Новосибирского архипелага – о. Беннетта, по которому получены принципиально новые фактические данные. Они, в совокупности с новыми сведениями о соседнем острове Котельном, позволяют прояснить раннепалеозойскую эволюцию региона и предложить решение некоторых спорных вопросов тектоники этого сектора Арктики.

Цель и задачи

Целью исследования являлась реконструкция кембрийской-силурийской геологической истории участка шельфа, включающего острова Котельный и Беннетта, и выяснение его тектонического положения в раннем палеозое: входил ли он в состав Сибирского палеоконтинента, или являлся частью какого-то иного террейна?

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

1. Провести детальное комплексное (стратиграфическое, седиментологическое, структурное) изучение нижнепалеозойских разрезов, вскрытых на Новосибирских островах, сопровождающееся поиском фауны и отбором образцов на разные виды анализов, замерами директивных седиментационных текстур.
2. Закартировать участки распространения нижнепалеозойских пород.
3. Уточнить стратиграфическое расчленение разрезов кембрия – ордовика о. Беннетта и верхнего ордовика – силура о. Котельный с учетом заключений палеонтологов.
4. Провести фациальный анализ изученных отложений.

5. Сопоставить изученные разрезы с одновозрастными отложениями соседних арктических регионов: Таймыра, севера Сибирской платформы, северо-востока Чукотки и северо-запада Аляски.

6. Реконструировать палеогеографию и историю развития региона в кембрии – силуру (с учетом результатов биогеографического анализа разных групп фауны, проведенного палеонтологами).

Фактический материал и методика исследований

В основу диссертации положены фактические данные, полученные во время экспедиций на о. Котельный (2010 г., 3 мес.) и на о. Беннетта (2011 г., 3,5 мес.). Из-за различных условий обнаженности стиль работы на этих объектах отличался: если в первом случае основным инструментом исследования было геологическое картирование участков распространения ордовикских-силурийских отложений (2 участка в центральной части о. Котельный), сопровождавшееся изучением состава делювия и немногочисленных коренных обнажений, отбором проб для выделения микрофауны и поиском макрофауны, то на острове Беннетта проводилось детальное описание кембрийских и ордовикских пород, великолепно обнаженных в клифе. Описание включало в себя составление фотопанорам (панорамной съемкой засняты почти все ордовикские и часть кембрийских обрывов общей длиной в несколько километров), изучение структурных элементов и корреляцию отдельных фрагментов последовательности, промер мощностей рейкой (непосредственно рейкой промерено более 500 м разреза), документацию деталей строения разреза, замер ориентировки директивных седиментационных текстур, поиск и отбор фауны (в сумме с острова вывезено несколько сотен образцов трилобитов и граптолитов примерно с 70 уровней разреза). Все работы на о. Беннетта проводились совместно с А.Б. Кузьмичевым; в изучении ордовикских-силурийских отложений на о. Котельный участвовал П.О. Будяк.

Дальнейшая обработка материала включала в себя составление геологических карт и стратиграфических колонок, фациальный анализ, сопоставление изученных разрезов с одновозрастными толщами сопредельных регионов (по литературным данным). Для определения возраста пород проводилось выделение конодонтовых элементов из проб известняков и доломитов; изучение конодонтов выполнено Т.Ю. Толмачевой (ВСЕГЕИ) и П.Э. Мянником (Институт геологии ТТУ, Таллин). Другие группы фауны определены следующими специалистами: И.В. Коровниковым (ИНГГ СО РАН; трилобиты), Н.В. Сенниковым (ИНГГ СО РАН; граптолиты ордовика), А.А. Суярковой (ВСЕГЕИ; граптолиты силура), Н.П. Кульковым (СНИИГГиМС; брахиоподы), Л.М. Мельниковой (ПИН РАН; остракоды). Для характеристики источников сноса было осуществлено датирование детритовых цирконов в лаборатории Дж. Хоригана в Калифорнийском университете г. Санта-Крус (США; метод LA ICP MS). Пробоподготовка и измерения на приборе велись самостоятельно А.Б. Кузьмичевым и М.К. Данукаловой, обсчет данных выполнен совместно Дж. Хориганом и А.Б. Кузьмичевым. Эти данные еще не обработаны полностью, и лишь в малой степени отражены в диссертации.

Личный вклад соискателя

Данукалова М.К. принимала непосредственное участие в организации и проведении экспедиций на Новосибирские острова, исследованием которых она занимается с 2007 г. Во время полевых работ 2010 и 2011 гг., результаты которых положены в основу дис-

сертации, она отвечала за изучение стратиграфии и седиментологических особенностей нижнепалеозойских пород, проводила опробование, поиск фауны и фотодокументацию обнажений, геологическое картирование; в дальнейшем принимала участие в обработке образцов, выделении конодонтов, выделении и датировании детритовых цирконов. Соискателем выполнен анализ и интерпретация полученных данных, с учетом заключений (нередко конфликтующих между собой) специалистов-палеонтологов.

Научная новизна

Впервые детально изучено строение разрезов морских осадочных пород нижнего палеозоя о. Беннетта, что позволило существенно уточнить стратиграфическое расчленение этих толщ, составить их подробную фаціальную характеристику, проследить эволюцию обстановок осадконакопления и охарактеризовать источники сноса. Благодаря полученным данным и результатам изучения ордовикских-силурийских отложений о. Котельный, проведено сопоставление нижнепалеозойских осадочных толщ Новосибирских островов с одновозрастными породами других регионов Восточной Арктики по комплексу признаков и сделаны новые выводы о палеогеографии рассматриваемой территории, которые заставляют пересмотреть распространенные палеотектонические реконструкции Арктики. Главный вывод заключается в следующем: в раннем палеозое территория Новосибирских о-вов входила в состав Сибирского континента. Хотя такое мнение высказывалось и ранее, оно не было в достаточной степени обосновано фактическим материалом и имело мало сторонников.

Защищаемые положения

1. Разрез кембрия о. Беннетта мощностью 500 м содержит отложения всех отделов системы. В нем выделены четыре литологические толщи, охарактеризованные трилобитами: (1) терригенная толща со штормовыми песчаниками (атдабанский-ботомский? ярусы); (2) мелководные аргиллиты (тойонский-амгинский ярусы); (3) лагунные пестроцветные аргиллиты и известняки (майский ярус); (4) черные сланцы (верхний кембрий), свидетельствующие об углублении бассейна и развитии частично аноксидных условий. Кембрийские отложения, вскрытые на о. Беннетта и на северо-востоке Сибирской платформы, накопились в разных частях единого эпиплатформенного бассейна, который протягивался также на Таймыр.

2. Разрез нижнего-среднего ордовика о. Беннетта мощностью более 1,1 км охарактеризован граптолитами и конодонтами и расчленен на три толщи: (1) черные сланцы (тремадок-нижний фло; выделены в единую свиту с породами верхнего кембрия); (2) карбонатные турбидиты (фло-нижний дапин); (3) силицикластические турбидиты (дапин-нижний дарривил). Выявленная последовательность продолжает тенденцию к углублению бассейна осадконакопления, наметившуюся в позднем кембрии. Турбидитовый прогиб располагался в северной части Сибирского палеоконтинента и обрамлялся карбонатными шельфами. Севернее или северо-восточнее (в современных координатах) существовала суша, поставлявшая силикатную кластику.

3. Отложения верхнего ордовика и силура о. Котельный и одновозрастные породы Южного и Центрального Таймыра накапливались в едином морском бассейне в северной (современная система координат) части Сибирского палеошельфа. Этот бассейн представлял собой карбонатную платформу, включавшую на разных этапах прогибы с карбонатно-глинистым заполнением.

4. На протяжении раннего палеозоя участок шельфа, включающий острова Беннетта и Котельный, входил в состав Сибирского палеоконтинента и не отделялся от него океаническим бассейном. В кембрии – среднем ордовике этот участок шельфа не был ограничен океаном также и с северной (в современных координатах) стороны, но примыкал к некому континентальному массиву.

Теоретическая и практическая значимость

Составленное в ходе выполнения работы литостратиграфическое расчленение кембрийских и ордовикских толщ о. Беннетта может быть использовано для корреляции с одновозрастными отложениями других регионов с точностью до ярусов, а для отдельных интервалов – с точностью до зон; также оно может быть полезно при интерпретации сейсмопрофилей и возможном бурении в северной части шельфа морей Лаптевых и Восточно-Сибирского. Новые данные о фациальных особенностях и составе фаунистических комплексов нижнепалеозойских разрезов Новосибирских островов позволяют тестировать различные варианты палеогеографических построений. В целом, полученные результаты накладывают значительные ограничения на палеотектонические реконструкции Арктики. Новые данные о том, что Новосибирские острова уже с кембрия входили в состав Сибирского палеоконтинента и не являются экзотическим террейном, имеют также и практическую значимость. Из них следует вывод о том, что на всей территории шельфа моря Лаптевых распространен осадочный чехол Сибирской платформы, в разной степени деформированный. Это позволяет непрерывно проследживать до меловые осадочные толщи через всю акваторию моря Лаптевых, и осуществлять бассейновое моделирование и прогноз углеводородов по методикам, принятым в нефтяной геологии, для разных этапов палеозоя и мезозоя.

Апробация работы и публикации

Результаты исследований, положенных в основу данной работы, докладывались автором на трех научных конференциях (всероссийских и международных): научном совещании «Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)» (Иркутск, 2012); конференции 3P Arctic (Ставангер, Норвегия, 2013); XLVII Тектоническом совещании (Москва, 2015). Кроме того, результаты были представлены коллегам на двух коллоквиумах (без публикации тезисов): в Стенфордском университете (США, 2012) и Геологическом институте РАН (Москва, 2014).

По геологии Новосибирских островов опубликовано 9 статей, из них непосредственно по теме диссертации – 4 (в реферируемых журналах, рекомендованных ВАК); одна статья подготовлена к печати в международном журнале, индексируемом Web of Science. По теме работы также опубликовано 4 тезисов докладов.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы. Работа объемом 177 страниц содержит 114 иллюстраций. Список литературы включает 151 источник.

Благодарности

Автор благодарен коллегам из разных городов за интерес к работе, содействие, вдохновляющие идеи, ценные советы и конструктивную критику: А.В. Дронову, М.Л. Баженову, А.В. Прокопьеву, А.В. Шацилло, М.К. Косьюко, А.И. Хисамутдиновой, М.В. Лучиц-

кой, К.Е. Дегтяреву, М.А. Анисимову, Э. Миллер, Дж. Хоригану, А.А. Багаевой, В.Ф. Проскурнину и другим. Большое спасибо за продуктивное сотрудничество палеонтологам Т.Ю. Толмачевой, И.В. Коровникову, П. Мяннику, Н.В. Сенникову, Л.М. Мельниковой, А.А. Суярковой и Н.П. Кулькову. Автор чрезвычайно признателен всем, кто помогал в организации полевых работ на Новосибирских островах, и благодаря кому мы были уверены не только в реальности заброски на объект, но и в благополучном возвращении на материк. Особенно хочется отметить Д.В. Мельниченко, Ю.А. Настеко, П.А. Герюгова. В экспедиционных исследованиях участвовали П.О. Будяк и Б.Б. Левочский, коим выражаю искреннюю признательность за психологический комфорт в отряде и помощь в работе. Спасибо руководству ГИН РАН и моей семье за стимулирование написания диссертации, и отдельно А.О. Мазаровичу за внимательное прочтение работы и полезные замечания.

И, конечно, особая благодарность – моему научному руководителю Александру Борисовичу Кузьмичеву. Без него эта работа просто не была бы возможна.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Общие сведения о геологическом строении Новосибирских островов, состояние изученности, тектонические проблемы

Новосибирские острова (рис. 1), расположенные на границе морей Лаптевых и Восточно-Сибирского, являются единственным источником прямой геологической информации об окружающем шельфе. В их пределах обнажены отложения всех систем фанерозоя. В главе приведен обзор истории изучения геологического строения архипелага от первых исследований, выполненных в начале 19 века, до настоящего времени, и обобщены имеющиеся сведения о строении трех групп островов в его составе (Ляховских, Анжу и Де Лонга, см. рис. 1). Основная информация о геологии Новосибирских о-вов получена в период проведения сотрудниками НИИГА (позже – НПО «Севморгео») мелкомасштабных и затем среднемасштабных геолого-съёмочных работ и сопутствующих тематических исследований в 50-х – 70-х гг. прошлого века, на опубликованные результаты которых в первую очередь опираются различные авторы при анализе тех или иных



Рис. 1. Географическое положение Новосибирских островов. Красными рамками обведены острова Котельный и Беннетта, геологическое строение нижнепалеозойских разрезов которых рассмотрено в диссертации. Модель рельефа взята с сайта: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/relief/>

деталей строения архипелага. Однако, несмотря на огромный объем данных, полученных съемщиками, в геологии региона осталось много нерешенных вопросов. Наименее изученными к началу 21 века оставались острова Де Лонга. Самые удаленные из них – о. Жаннетты и о. Генриетты – и по сей день исследованны крайне недостаточно. Остров Беннетта, результаты изучения которого легли в основу диссертации, до проведения наших работ был покрыт только мелкомасштабной (1 : 1 000 000) геологической съемкой, других систематических работ на острове не проводилось. Имевшаяся краткая информация о слагающих его нижнепалеозойских осадочных породах (Вольнов, Сороков, 1961 и ссылки в этой работе; Драчев, 1989) допускала разные трактовки обстановок осадконакопления, что приводило к различным интерпретациям тектонического положения этого участка шельфа (Богданов, 2004; Косьюко, 2007; Drachev, 2011 и др.).

Новосибирские острова обычно включают в состав террейна, который именуется Новосибирско-Чукотский микроконтинент (супертеррейн); плита (микроплита) Чукотка – Арктическая Аляска; Беннет-Барровия; Арктида и др. (напр., Лаверов и др., 2013; Grantz et al., 1990; Kuznetsov et al., 2010; Lawver et al., 2002; Natal'in et al., 1999 и многие другие). Предполагается, что этот микроконтинент отделялся океаническим бассейном (Южно-Анйским океаном) от Сибири в конце палеозоя и начале мезозоя (Sokolov et al., 2009 и ссылки в этой работе), и что он присоединился к Азии в начале мела. Некоторые исследователи выделяют в пределах архипелага и прилежащего шельфа несколько различных террейнов, также считая их экзотическими по отношению к Сибири (Косьюко, 2007; Drachev, 2011). Согласно другой, менее распространенной, точке зрения, территория Новосибирских о-вов была частью Сибирского континента, по крайней мере, с начала палеозоя (Kuzmichev, 2009; Cocks, Torsvik, 2011).

Таким образом, главные геологические проблемы, касающиеся Новосибирских островов, могут быть сформулированы следующим образом. (1) Развивалась ли вся территория современного архипелага в составе единого континентального блока на протяжении палеозоя и раннего мезозоя? (2) Был ли этот континентальный блок (блоки) на каких-либо этапах фанерозойской истории отделен океаном от Сибири, и если да, то где он располагался?

В диссертационной работе рассмотрена наиболее древняя, раннепалеозойская, часть геологической истории Новосибирских о-вов, зафиксированная в осадочной летописи. По породам кембрия, которые достоверно известны только на о. Беннетта, автором получены принципиально новые геологические данные, которые позволяют сделать выводы, важные для понимания геологической истории всего архипелага, и дать материал для сопоставлений с другими районами Арктики. Ордовик – единственная система фанерозоя, достоверные отложения которой присутствуют в разных частях архипелага: на островах Котельный и Беннетта. При этом, даже по имевшимся ранее данным было понятно, что они представлены в разных фациях (Вольнов, Сороков, 1961; Косьюко и др., 1985; Kos'ko, Kogogo, 2009). Необходимо было решить вопрос о том, является ли это отражением зональности в пределах единого бассейна, или ордовикские породы двух островов образовались на разных континентах. Силурийский интервал примечателен тем, что в это время в пределах острова Котельный накапливались как мелководные, так и относительно глубоководные отложения (Косьюко, 1977), что предположительно роднило эту территорию с Южным и Центральным Таймыром, где проявлена схожая зональность (Беззубцев и др., 1986), и который в раннем палеозое уже являлся частью Сибирского палеоконтинента (напр., Верниковский, 1996; Nikishin et al., 2015).

В целом, нижнепалеозойские отложения достаточно широко распространены на территории Восточной Арктики, что позволяет проводить их сравнительный анализ для обоснования палеогеографических и палеотектонических реконструкций (Fujita, Newberry, 1982; Dumoulin et al., 2002; Cocks, Torsvik, 2011 и др.). Однако надежность таких сопоставлений ограничивается, наряду с другими факторами, различной степенью изученности осадочных толщ в разных регионах. Поэтому новые фактические данные о геологическом строении малоисследованной территории Новосибирских о-вов, стратиграфии, литологических особенностях и комплексах фауны в имеющихся здесь осадочных разрезах крайне важны для понимания раннепалеозойской эволюции всей Арктики.

Глава 2. Кембрий острова Беннетта

Остров Беннетта расположен в северной части архипелага, в группе о-вов Де Лонга (см. рис. 1). Присутствие на острове пород кембрийской системы установлено Э.В. Толлем (Толль, 1904). В собранной им коллекции трилобитов майского яруса преобладали сибирские виды (Holm, Westergaard, 1930). Этот факт послужил единственным критерием корреляции разрезов кембрия о. Беннетта и Сибири в работе (Cocks, Torsvik, 2011), что согласуется также с мнением самого Э.В. Толля, высказанным веком ранее. Во время проведения мелкомасштабной геологической съемки на острове дополнительно выявлены отложения с фауной амгинского возраста; породы кембрия описаны как аргиллиты с редкими прослоями известняков и алевролитов общей мощностью 500 м (Вольнов, Сороков, 1961). Принадлежность верхней части разреза к верхнему отделу системы предполагалась на основании геологических взаимоотношений, но не была подтверждена фаунистически.

В главе приведено детальное описание разреза кембрия, составленное автором по результатам полевых исследований на о. Беннетта, его седиментологическая и фаунистическая.

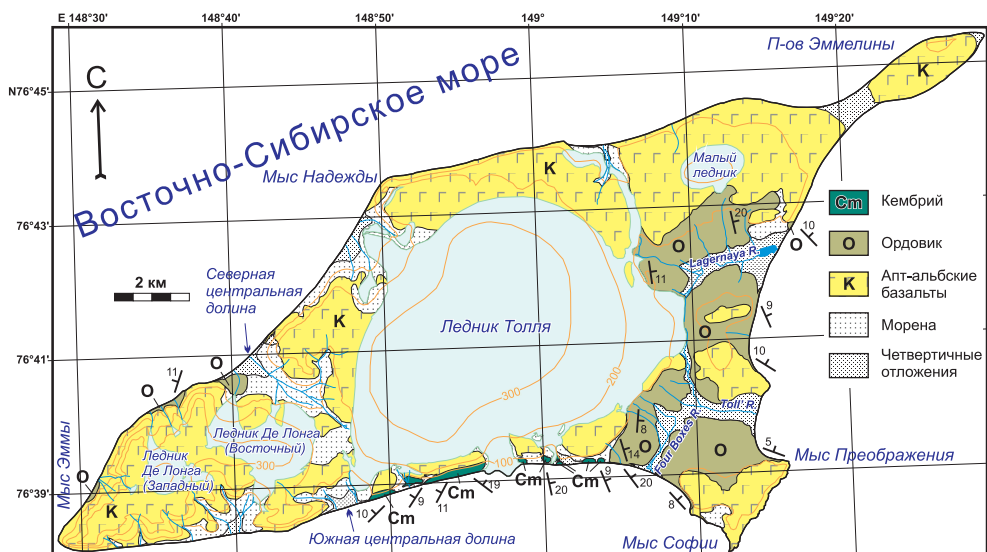


Рис. 2. Упрощенная геологическая карта острова Беннетта, основанная на полевых наблюдениях. Стратификация базальтов не показана.

тическая характеристика. Породы этого возраста обнажены на южном берегу острова (рис. 2). В разрезе общей мощностью не менее 490 м выделено четыре литологические толщи (рис. 3), представленные различными шельфовыми фациями и связанными друг с другом постепенным переходом. Верхние три из них предложено рассматривать в ранге свит с собственными названиями (Данукалова и др., 2014). По трилобитам обосновано присутствие на о. Беннетта всех отделов системы. Детальные карты участков выходов кембрия и подробные литологические колонки некоторых фрагментов разреза помещены в тексте диссертации.

Сланцево-песчаниковая толща (нижний кембрий, атдабанский-ботомский ярусы; видимая мощность 100 м) является самым древним подразделением на острове, ее нижняя граница не вскрыта. Толща сложена преимущественно двумя типами пород (рис. 4а,б): заметными, как правило, линзовидными, пластами кварцевого песчаника (1), разделенными темными рассланцованными пачками переслаивания песчаника, алевролита и аргиллита (2). Встречаются единичные прослои внутриформационного конгломерата с местной галькой и гравелита с окатанными обломками кварца и фосфоритов. Большинство линз и линзовидных пластов песчаника по седиментационным особенностям (изометричная в плане форма линз; выпуклость бывает обращена как к кровле, так и к подошве; пологая косая слоистость, и пр.) отвечают штормовым отложениям (напр., Dumas, Arnott, 2006).

Глинистая толща (колчакская свита; нижний кембрий, тойонский ярус – средний кембрий, низы майского яруса; 160 м). Зеленовато-серые оржавленные аргиллиты и алевролиты с редкими прослоями трилобитовых известняков и карбонатными конкрециями. В средней и верхней частях – прослои песчаников с мелководными текстурами (флазерная слоистость, волновая рябь). На некоторых горизонтах породы биотурбированы. В кровле – маломощная пачка черных сланцев с прослоями комковатых известняков.

Пестроцветная глинисто-карбонатная толща (свита Зеленой долины; средний кембрий, майский ярус; 130 м) является наиболее ярким элементом кембрийского разреза. Она сложена серо-зелеными алевролитистыми аргиллитами и алевролита-

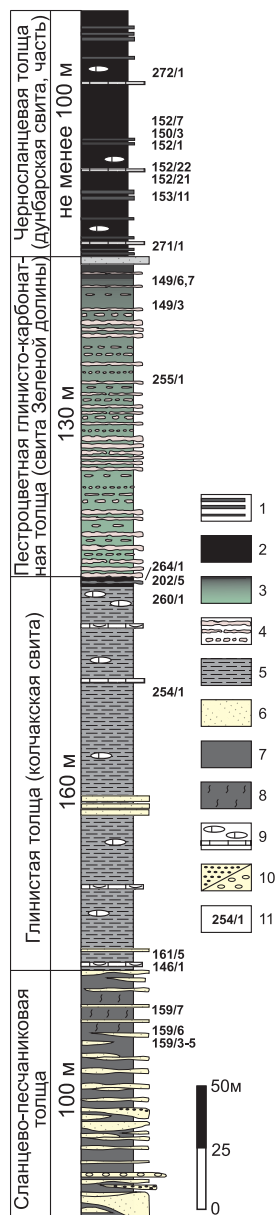


Рис. 3. Схематичная литологическая колонка кембрийских отложений о. Беннетта. Условные обозначения: 1 – прослои алевролитов в черных сланцах четвертой толщи; 2 – черные сланцы; 3 – зеленые аргиллиты-алевролиты третьей толщи, в верхней части окраска постепенно меняется на темно-серую; 4 – комковатые и нодулярные известняки; 5 – серые алевролиты и аргиллиты листоватые и плитчатые; 6 – песчаники; 7 – алевролиты и аргиллиты, в том числе с тонкими линзовидными прослоями песчаника; 8 – то же, интенсивно биотурбированные; 9 – карбонатные прослои и конкреции; 10 – гравелиты/конгломераты; 11 – номера образцов, содержащих трилобиты.

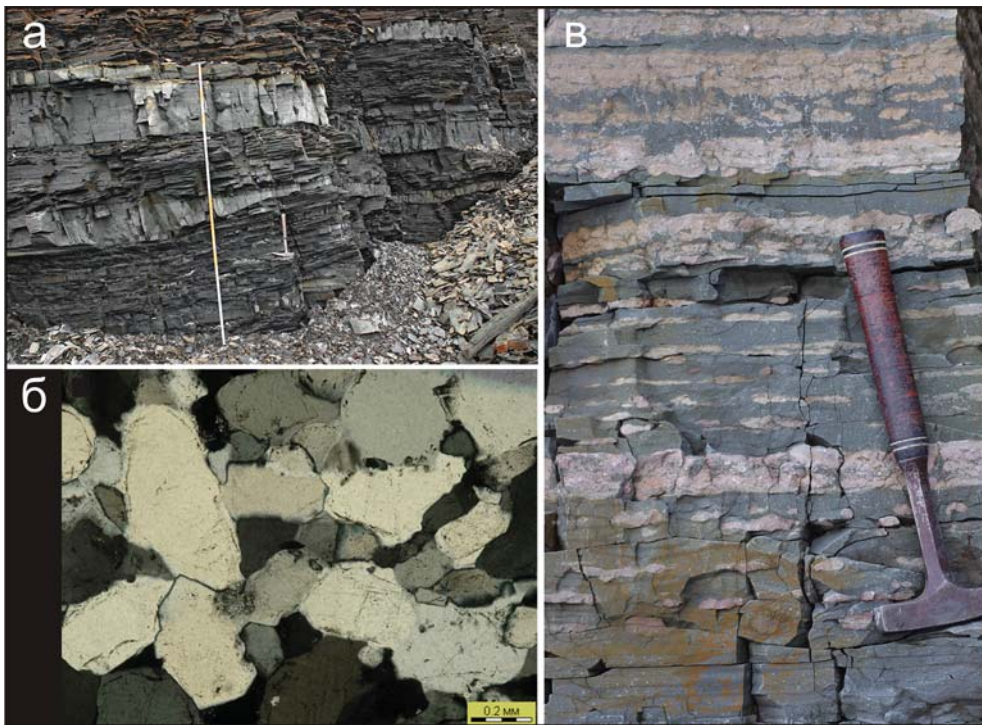


Рис. 4. Литологические особенности некоторых членов кембрийского разреза. **(а)**: Типичное сочетание светлых песчаников и темных интервалов песчано-глинистого переслаивания в нижней части первой толщи кембрия. Нижний линзовидный пласт песчаника интерпретирован как штормовой (swaley cross bedding). Высота мерной рейки 2 м. **(б)**: Микрофотография шлифа светлого песчаника (кварцевого арениита) из нижней толщи кембрия. Видны коррозионные контакты между зернами и регенерационные каймы. **(в)**: Комковатые прослои и цепочки нодулей розового известняка в зеленоватых аргиллитах третьей (пестроцветной) толщи кембрия.

ми, чередующимися с комковатыми прослоями и горизонтами нодулей розового известняка, содержащего силикатную примесь (см. рис. 4в). Породы содержат фрагменты панцирей трилобитов, на некоторых уровнях многочисленные.

Черносланцевая толща (дунбарская свита, нижняя часть; верхний кембрий; мощность не менее 100 м). Кроме собственно черных сланцев (более или менее рыхлых) с редкими карбонатными конкрециями, в верхней части разреза присутствуют серии сближенных пластов известковистого алевропесчаника с косой и конвolutной слоистостью и мелкими складками подводного оползания. Породы верхнего кембрия выделены в единую свиту с отложениями нижней части ордовика; граница систем проведена условно.

На основании полученных литологических, седиментологических и стратиграфических данных реконструирована эволюция обстановок осадконакопления. На протяжении атдабанского и ботомского веков территория острова Беннетта представляла собой относительно мелководную (не глубже 50 м; Dumas, Arnott, 2006) зону терригенного шельфа, подвергавшегося воздействию штормов. Обилие песчаников в разрезе указывает на постоянное поступление обломочного материала, который перераспределялся штормовы-

ми волнами и течениями. Суша, поставлявшая кластику, располагалась к северо-востоку от о. Беннетта (в современных координатах). На это указывает ориентировка седиментационных текстур в ордовикских отложениях острова и одинаковое распределение возрастов детритовых цирконов в кембрийских и ордовикских песчаниках (см. Главы 3, 5).

В конце раннего кембрия поступление песчаного материала в бассейн сократилось, что, возможно, связано с пенеппенизацией питающей провинции, и на протяжении тойонского—амгинского веков накопилась толща преимущественно глинистых осадков. Некоторые текстуры, сохранившиеся в средней и верхней частях толщи, могут быть интерпретированы как прибрежные. Майский век среднего кембрия характеризуется лагунными условиями; пестроцветные породы формировались в насыщенных кислородом водах ниже уровня воздействия обычных волн. На границе среднего и позднего кембрия началось углубление бассейна, развитие аноксии, и на протяжении позднего кембрия (и начала ордовика) накопилась мощная толща черных сланцев.

Разрез о. Беннетта охарактеризован комплексами трилобитов, среди которых преобладают эндемичные сибирские виды. Он имеет ряд сходных черт с одновозрастным разрезом северо-востока Сибирской платформы, расположенным в Хараулахских горах (Виноградов, 1962; Кембрий..., 1992; Постановления..., 2016). В обоих районах кембрий подразделяется на четыре литологические толщи, имеющие близкий возраст (Данукалова и др., 2014). Несмотря на различие в характере осадконакопления, выраженное в доминировании в Хараулахе карбонатных пород, а на о. Беннетта — терригенных, некоторые уровни разрезов литологически схожи. Это, прежде всего, пестроцветные глинисто-карбонатные породы майского яруса и черные сланцы верхнего кембрия. Перечисленные признаки позволяют утверждать, что отложения кембрийской системы, обнаженные ныне в нижнем течении р. Лена и на острове Беннетта, накапливались в едином морском бассейне на едином континенте. Аналогичные выводы можно сделать и при сопоставлении разрезов о. Беннетта и Центрального Таймыра (рис. 5).

Глава 3. Ордовик острова Беннетта

Ордовикские отложения были ранее схематично описаны как переслаивание аргиллитов, алевролитов и существенно кварцевых песчаников мощностью около 1 км с горизонтальной и косой слоистостью, текстурами оползания (Вольнов, Сороков, 1961); некоторые исследователи отмечали наличие в разрезе известковистых пород (Драчев, 1989; Ермолаев, Спизарский, 1947). Возраст комплекса был определен как ранний-средний ордовик на основании присутствия граптолитов аренига и лланвирна (Вольнов и др., 1970; Соболевская, 1976). Из-за недостатка фактических данных породы ордовика ин-

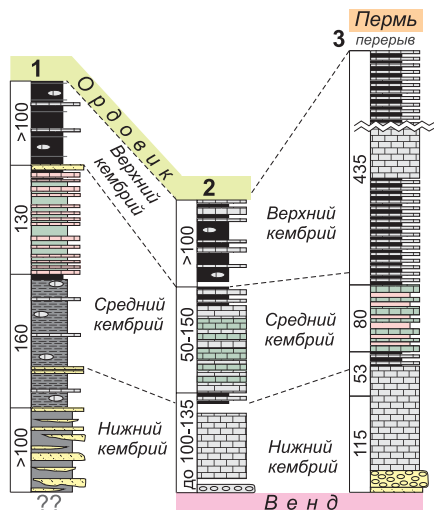


Рис. 5. Схема сопоставления разрезов кембрия о. Беннетта (1), восточного Таймыра (2) и Хараулахских гор (3). Колонки упрощены. Колонка (2) построена по данным (Соболевская, Лазаренко, 1965; Соболевская, Кабаньков, 2014; Качурина и др., 2012), колонка (3) — по данным И.В. Коровникова (Данукалова и др., 2014) и (Виноградов, 1962).

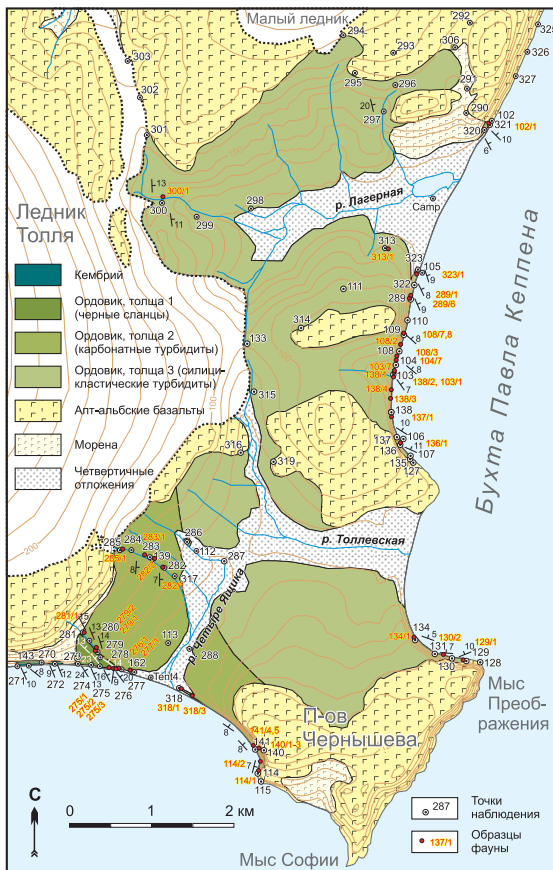
терпретировалась различно: как платформенный чехол (Богданов, 2004; Филатова, Хаин, 2007) либо как турбидиты (Драчев, 1989; Косьюко, 2007).

Наши исследования показали, что значительная часть разреза ордовика на о. Беннетта действительно сложена турбидитами, однако его строение более разнообразно. Обнаружено несколько новых участков выходов пород этого возраста. Отложения ордовикской системы слагают восточную часть острова (рис. 6) и обнажены в нижней части обрыва северо-западного берега (см. рис. 2). В разрезе общей мощностью, как минимум, 1110 м мы выделили три толщи (рис. 7), на многих уровнях охарактеризованные граптолитами, а в нижней и верхней частях – также конодонтами. Верхние две толщи предложено рассматривать в ранге самостоятельных свит. Расположение конкретных разрезов, детальные литологические колонки и карты участков приведены в тексте диссертации.

Черносланцевая толща (нижний ордовик, тремадок – нижний фло; мощность около 130-140 м) фактически является продолжением аналогичной толщи верхнего кембрия, совместно с которой слагает единое подразделение (названо нами дунбарской свитой). Ордовикская часть свиты сложена рыхлыми черными сланцами и листоватыми темными аргиллитами с прослоями алевролитов.

Карбонатные турбидиты (софийская свита; нижний ордовик, верхи нижнего фло – средний ордовик, низы нижнего дапина?; не менее 250 м). Нижняя половина толщи сложена серыми аргиллитами и алевролитами с редкими прослоями известняков и обнажена фрагментарно, верхняя – карбонатным флишем. Флиш представляет собой ритмичное чередование темно-серых аргиллитов, безкарбонатных или слабокарбонатных алевролитов и светлых, желтоватых с поверхности тонкообломочных известняков (карбонатных алевролитов и мелкозернистых песчаников). Последние обычно содержат мелкие обломки скелетной фауны и примесь силикатных зерен алевролитовой размерности (преимущественно кварц; до 40-50% в некоторых породах). Карбонатные и глинистые элементы ритма часто связаны градационным переходом; мощность как первых, так и вторых

Рис. 6. Геологическая карта восточной части о. Беннетта. На этой территории расположены основные обнажения пород ордовика. Составлена автором.



колеблется от первых сантиметров до 10-20 см, редко более (рис. 8). В разрезе выделяются существенно карбонатные и существенно глинистые пачки. Ритмы обычно демонстрируют последовательность стандартных для турбидитов членов в интервале Tb-Te (Lowe, 1982), но часто элементы Tb и Tc отсутствуют. Наблюдались амальгамированные ритмы и подошвенные знаки, но в целом они встречаются редко и не характерны для толщи. Одними из наиболее ярких черт разреза являются текстуры внутрислоевого подводного оползания и конволюты (рис. 9). Эти деформационные текстуры полужидкого осадка ассоциируют с рябью течения: мы наблюдали реликты такой ряби в деформированных пластах, а также валики ряби, погрузившиеся в подстилающий осадок.

Силицикlastические турбидиты (преображенская свита; средний ордовик, дапин – нижний дарривил; не менее 730 м; рис. 10). Толщу составляют следующие типы пород, которые переслаиваются в разных соотношениях: светло-серые разнотернистые песчаники с преобладанием кварца, содержащие карбонатные зерна и обломки фауны; темно-серые плохо сортированные глинистые песчаники (диамиктиты); темно-серые до черных аргиллиты, иногда песчаные. Песчаники обоих типов слагают обособленные пласты (несколько дециметров – 2 м), либо участвуют в строении пакетов тонкого переслаивания с глинистыми сланцами. Мощность таких пакетов от нескольких сантиметров до 13 м, в них преобладают аргиллиты и диамиктиты. Некоторые пачки (до 15 м) в разрезе толщи сложены преимущественно светлыми песчаниками, в том числе амальгамированными. Другие интервалы разреза представлены чередованием всех перечисленных типов пород примерно в равных пропорциях (рис. 11).

Отложения преображенской свиты демонстрируют обширный набор седиментационных текстур, которые традиционно рассматриваются как типичные для турбидитов. Среди них нормальная градационная слоистость, текстуры обезжизнения осадка, разнообразие подошвенные знаки (flute and groove casts, load marks; рис. 12), rip-up класты и др. Полный набор текстур индивидуального седиментационного ритма состоит из следующих членов (снизу вверх): неяснослоистая массивная нижняя часть, горизонтальная слоистость, косая слоистость или взбирающаяся рябь, деформированная косая слоистость, конволюты.

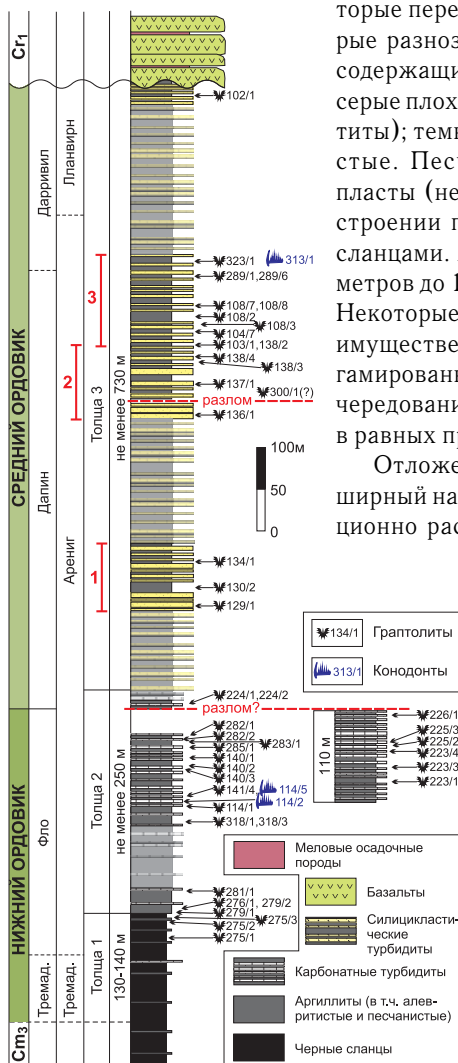


Рис. 7. Схематическая стратиграфическая колонка ордовикских отложений острова Беннетта. Полупрозрачной заливкой показаны части разреза, не обнаженные в клифе. Красные отрезки маркируют фрагменты верхней (третьей) толщи, для которых составлены детальные колонки (приведены в тексте диссертации).



Рис. 8. Характер ритмичности в карбонатных турбидитах, принадлежащих верхней половине второй толщи ордовика (северо-западный берег о. Беннетта). Высота мерной рейки 2 м.

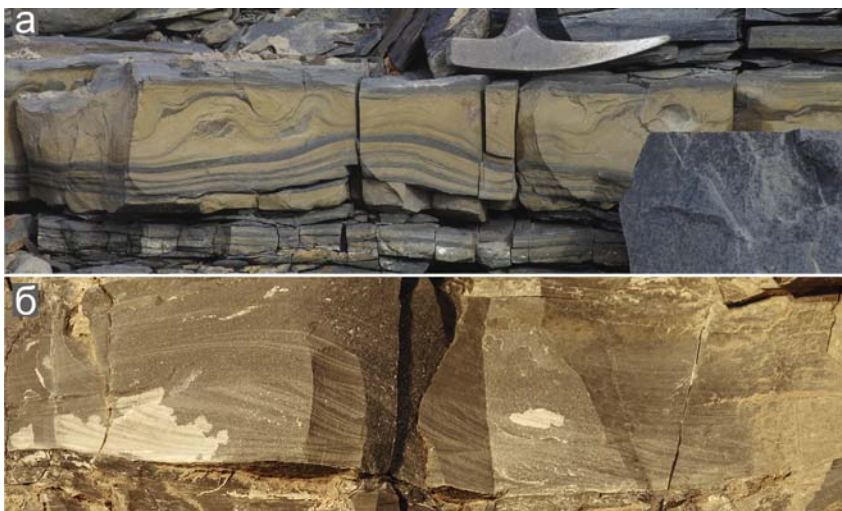


Рис. 9. Некоторые текстуры карбонатных турбидитов ордовика. **(а)** Конволютная слоистость в обломочном известняке. **(б)** Взморающаяся рябь в подошве карбонатного алевролита. Высота кадра 12 см.

ная слоистость (рис. 13). Некоторые члены ритма могут отсутствовать. Обычными являются внутрислоевые складки подводного оползания (иногда захватывают несколько слоев). Некоторые прослои диамиктита содержат деформированные фрагменты разреза пачек тонкого переслаивания.

Проведенное впервые детальное изучение разреза ордовика на о. Беннетта позволило выявить три стадии эволюции относительно глубоководного прогиба. В начале ордовика сохранялась обстановка черносланцевой седиментации. Во время накопления второй толщи (конец раннего флю – ранний дапин?), вероятно, продолжалось углубление

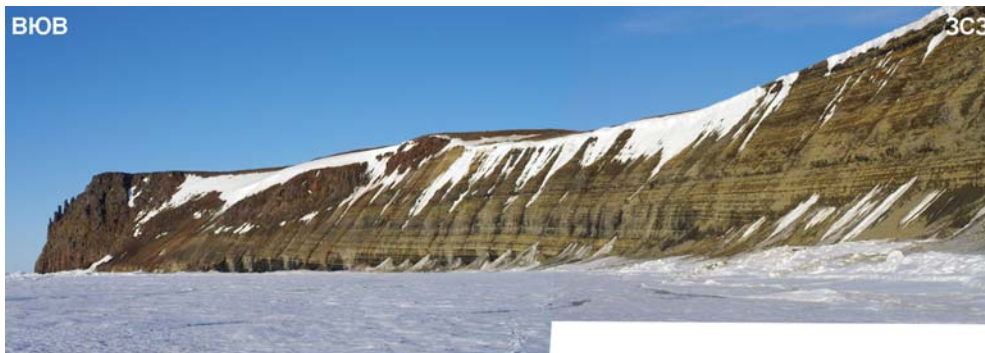
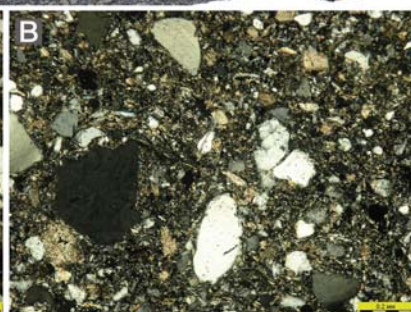
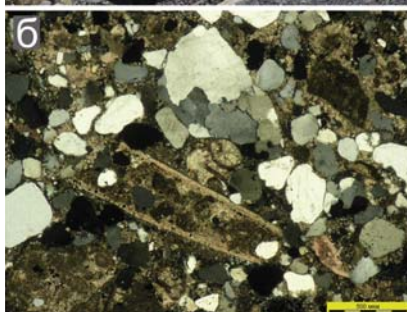


Рис. 10. Нижняя видимая в клифе часть третьей толщи ордовика (преображенской свиты), сложенной силицикlastическими турбидитами. Восточный берег о. Беннетта. Слева – мыс Преображения (см. рис. 2, 6).

Рис. 11. Некоторые черты строения третьей толщи ордовика. **(а):** Фрагмент опорного разреза силицикlastических турбидитов. В основании обрыва залегает мощный (2,3 м) пласт диамиктита. В средней части фотографии видна пачка с преобладанием светлых песчаников. Выше в разрезе чередуются светлые песчаники и темные пакеты тонкого песчано-сланцевого переслаивания.



(б): Микрофотография светлого песчаника (сублитоаренита). Видна слабая сортировка, большое количество карбонатного материала (цемент и обломки), в центре поля зрения – крупное зерно кварцита и карбонатный биогенный обломок. Никели Х. Длина масштабной линейки 0,5 мм. **(в):** Микрофотография диамиктита (при большем увеличении, чем предыдущая; никели Х). Заметно обилие глинисто-алевритового матрикса, содержащего листочки белой слюды и удлиненные обломки полевых шпатов(?), и крайне плохая сортировка зерен. Длина масштабной линейки 0,2 мм.

прогиба. Карбонатный флиш, составляющий большую часть софийской свиты, образован за счет осадочного материала, который был перемещен вниз по склону низкоплотными турбидитными потоками и был переработан придонными течениями. Карбонатная кластика происходила из мелководной зоны бассейна – карбонатной платформы, которая простиралась как к юго-западу (на территорию о. Котельный, Сибири и Южного Таймыра, см. Главу 4), так и, предположительно, к северо-востоку от прогиба. Разрез третьей толщи ордовика



Рис. 12. Следы вымывания (flute casts) на подошве мощного пласта песчаника. Направление палеотечения справа налево.



Рис. 13. Стандартная последовательность седиментационных текстур в одном из градиционных пластов светлого песчаника третьей толщи ордовика (преобразованная свита). Снизу вверх: более крупнозернистая нижняя часть с грубой слоистостью; горизонтально-слоистый элемент; оползшая косая слоистость, переходящая вверх в конволютную.

ка сложен отложениями мутьевых и дебрисных потоков, подводных течений, фоновыми осадками. В целом, такой комплекс принято называть турбидитами, и мы следуем данной терминологии. Формирование толщи происходило на подводном склоне активно прогибавшегося бассейна. Ориентировка директивных седиментационных текстур (оползших знаков нагрузки и борозд на подошвах песчаников, вергентных складок подводного оползания, косой слоистости) указывает на направление транспорта обломочного материала с севера – северо-востока на юг – юго-запад (в современных координатах).

Мы предполагаем, что беннетинский прогиб заложился в пределах Сибирского палеошельфа, на простирании Центрально-Таймырской зоны. Сланцево-турбидитовая пос-

ледовательность острова Беннетта не может рассматриваться, как пассивная окраина Сибири, поскольку снос обломочного материала происходил с противоположной стороны. Она также не может маркировать приокеаническую окраину какого-то иного континента, так как по крайней мере на протяжении кембрия территория о. Беннетта определенно принадлежала Сибирскому палеоконтиненту, как показано выше.

Глава 4. Верхний ордовик – силур острова Котельный

На острове Котельный обнажен наиболее полный в пределах Новосибирских о-вов разрез фанерозоя. Его нижняя часть сложена нижнеордовикскими – среднедевонскими преимущественно карбонатными шельфовыми отложениями (Косько и др., 1985). По мнению (Sengor, Natal'in, 1996), они образовались в пределах «Новосибирской карбонатной платформы», которая была изолирована от Сибири и распространялась на северо-восток Чукотки и север Аляски, где обнажены схожие разновозрастные породы. Однако разными исследователями отмечались существенные аналогии в составе нижне-среднепалеозойских фаунистических комплексов, а также некоторых литологических фаций острова Котельный с таковыми Сибирской платформы и Южного Таймыра (Нехорошева, 1977 и ссылки в этой работе; Толль, 1899; Черкесова, 1975).

Информация об ордовикском-среднедевонском комплексе острова Котельный наиболее полно суммирована в публикации М.К. Косько (1977). В его строении участвуют разнообразные известняки и доломиты общей мощностью до 4,5-5 км. Для силура и раннего девона выделены две фациальные зоны с переходной полосой между ними: северо-восточная мелководная и юго-западная глубоководная (рис. 14); в узком интервале, охватывающем пограничные горизонты силура и девона эта зональность практически нивелируется, и на всей территории о. Котельный реконструировано мелкое море. Схожая ситуация отмечена в позднем ордовике.

В главе приведены новые данные о строении разрезов и фауне верхнего ордовика и силура на двух участ-

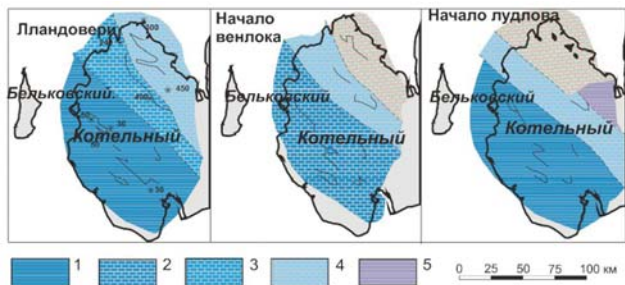


Рис. 14. Литолого-фациальная зональность силурийских отложений о. Котельный (иллюстрация взята из публикации (Косько и др., 2013)). Условные обозначения: 1,2 – глубоководные фации: 1 – известняки и кремнисто-глинисто-известковые породы, 2 – известняки; 3 – глубоководные и мелководные фации известняков неразделенные; 4 – мелководные известняки; 5 – западные фации, известняки и известняки с аргиллитам.

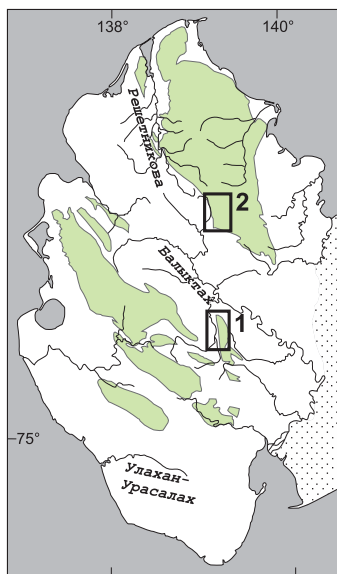


Рис. 15. Схема расположения участков наблюдений в пределах острова Котельный: 1 – Туор-Юрья, 2 – Казарка. Зеленой заливкой показаны выходы ордовикских-силурийских пород на дневную поверхность. Точечным крапом закрашена Земля Бунге.

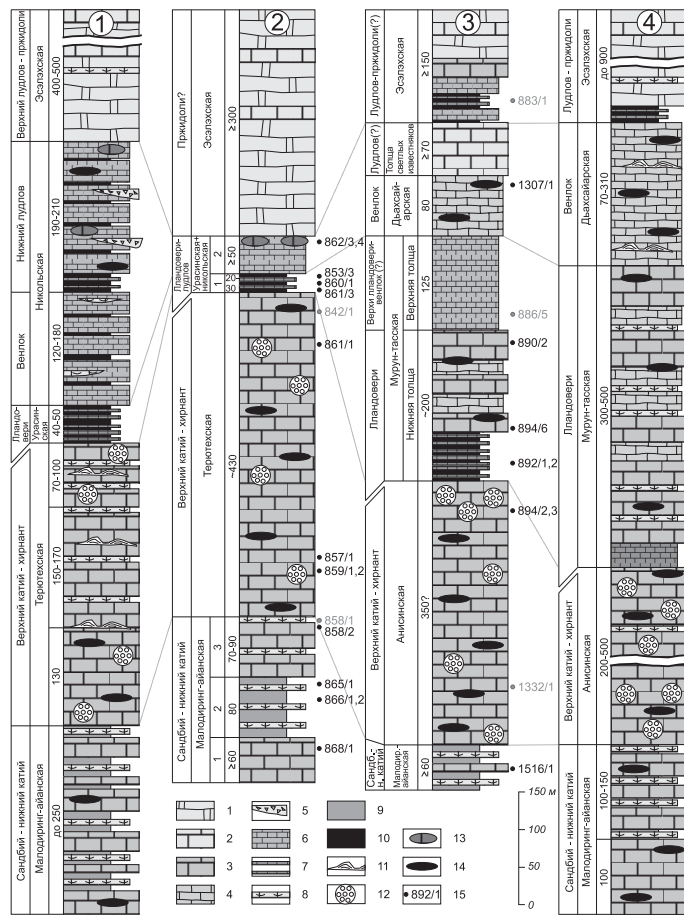


Рис. 16. Стратиграфические колонки верхнеордовикских и силурийских отложений о. Котельный, слева направо: (1) юго-западная фациальная зона, (2) участок Туор-Юрях, (3) участок Казарка, (4) северо-восточная фациальная зона. Колонки 1 и 4 построены по данным (Косьюко и др., 1985), колонки 2 и 3 – по данным автора. На рисунке отражена предполагаемая по полевым наблюдениям диахронность границ силурийских свит, которая требует заверки дополнительными исследованиями. *Условные обозначения:* 1 – доломиты; 2 – светлые массивные известняки; 3 – массивные серые и серо-коричневые известняки, обычно пелитоморфные; 4 – серые грубоплитчатые известняки; 5 – карбонатные брекчи; 6 – плитчатые слоистые известняки; 7 – темные глинистые известняки; 8 – зеленовато-серые аргиллиты; 9 – черные аргиллиты; 10 – строматолиты (в порообразующем количестве); 11 – шаровидные колонии кораллов; 12 – стяжения кремня; 13 – карбонатные конкреции; 14 – стяжения кремня; 15 – номера образцов с фауной.

ках в центральной части о. Котельный (рис. 15), которые подтверждают цитируемую схему фациальной зональности и позволяют лучше охарактеризовать переходную область между глубоководной и мелководной зонами (рис. 16). Для каждого участка составлены подробные геологические карты (приведены в тексте диссертации). В позднем ордовике условия осадконакопления были схожи в разных частях острова. В этот период формировались мощные толщи относительно мелководных известняков с многочисленными кораллами и с горизонтами аргиллитов и брахиоподовых ракушечников в нижней части. В основании силура практически повсеместно на территории о. Котельный залегают граптолитовые сланцы и темные глинистые известняки. Более молодые толщи силура в пределах острова резко фациально изменчивы. Породы лlandoверии–лудлова на северном участке (Казарка) отвечают переходной зоне от мелководной карбонатной платформы, продолжавшей существовать на северо-востоке острова, к ее склону (либо к локальному прогибу в пределах платформы) с глинисто-карбонатным осадконакоплением. К этой глубоководной зоне можно отнести разрез участка Туор-Юрях, однако здесь, в отличие от более южных и западных районов, аргиллиты распространены только в

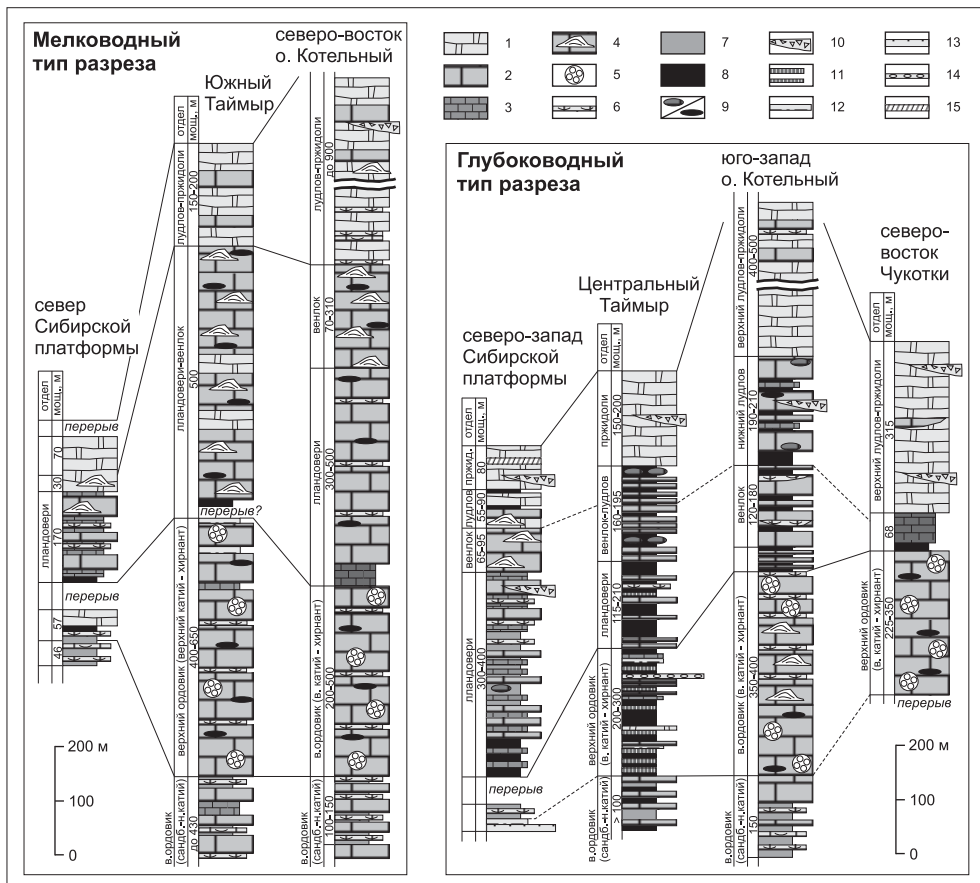


Рис. 17. Схема сопоставления разрезов верхнего ордовика–силура в разных регионах Восточной Арктики. Колонки построены по данным (Каныгин и др., 2007; Тесаков и др., 2000; Атлас..., 2003; Соболевская, 2011; Косько и др., 1985; Орадовская, Обут, 1977). Выделенные типы разрезов («глубоководный» и «мелководный») отражают относительное соотношение глубин в областях осадконапления. Оба типа, по нашему мнению, отвечают шельфовым обстановкам (исключение может составлять только разрез Центрального Таймыра). Условные обозначения: 1 – доломиты; 2 – известняки; 3 – глинистые известняки; 4 – строматопоровые и кораллово-строматопоровые известняки, строматолиты; 5 – многочисленные колонии табуляты; 6 – органогенные и органогенно-обломочные известняки; 7 – зеленатоватые и серые аргиллиты; 8 – черные аргиллиты с граптолитами; 9 – карбонатные (а) и кремневые (б) конкреции; 10 – карбонатные брекчии; 11 – прослои кремней; 12 – прослои алевролита; 13 – песчаники; 14 – прослои карбонатного конгломерата; 15 – горизонты ангидрита.

нижней части рассматриваемого интервала, а мощность конденсированного разреза венлока–лудлова в 6-7 раз меньше. В конце силура зональность снова нивелируется и на всей территории в условиях повышенной солености формируются мелководные доломиты, не содержащие ископаемых остатков или с обедненным комплексом фауны.

Проведено сопоставление изученных разрезов с опубликованными данными по разновозрастным толщам других регионов Восточной Арктики (рис. 17). В разрезах ордовика и силура Южного и Центрального Таймыра также наблюдается фациальный пере-

ход от мелководных карбонатных отложений, очень похожих на одновозрастные породы северо-востока о. Котельный, к более глубоководным глинисто-карбонатным отложениям с граптолитовыми сланцами и битуминозными известняками, но в обратном направлении: с юга на север. Комплексы фауны (брахиоподы, остракоды, конодонты) в этих регионах также близки (Данукалова и др., 2015 и ссылки в этой работе). Последнее даже в большей степени относится к разрезам северной части Сибирской платформы и о. Котельный. Выявленное литологическое и фаунистическое сходство, а также общие тенденции развития бассейна указывают на то, что, скорее всего, рассмотренные территории в позднем ордовике и силуре принадлежали единому Сибирскому континенту. Литологические отличия и разница в мощностях отложений, наблюдающиеся в некоторых разрезах северной части Сибирской платформы, вероятно, связаны с тем, что эта территория располагалась в другой зоне бассейна: ближе к древней суше. Относительно глубоководные породы Центрального Таймыра и юго-западной части о. Котельный, по нашему мнению, накопились в прогибе в пределах обширной карбонатной платформы, который к концу силура был снивелирован.

Кроме того, выявлено поразительное сходство разрезов верхнего ордовика и силура, обнаженных на северо-востоке Чукотского полуострова и на участке Туор-Юрях в центральной части о. Котельный: они почти идентичны. Комплексы фауны этих регионов также близки. Аналогии в строении разрезов и составе комплексов фауны наблюдаются и в пределах Северной Аляски, что отмечалось и ранее (Орадовская, Обут, 1977; Dumoulin et al., 2002). Таким образом, полученные данные подтверждают предложение (Sengor, Natal'in, 1996) рассматривать преимущественно карбонатные разрезы раннего–среднего палеозоя Новосибирских островов, северо-востока Чукотки и, возможно, Аляски как фрагменты единой («Новосибирской») карбонатной платформы (в широком смысле этого слова; см. Ротар, 2001). Но эта платформа не была обособлена, а представляла собой продолжение Сибирской. Присутствие смешанной сибирско-лаврентийской конодонтовой фауны на Аляске и практически полное отсутствие лаврентийских форм на Сибирской платформе и Чукотке (Dumoulin et al., 2002) может объясняться гигантской протяженностью предполагаемой карбонатной платформы. При этом территория современной Аляски могла располагаться существенно ближе к Лаврентии, чем сибирская часть палеоконтинента.

Глава 5. Палеогеография региона Новосибирских островов в кембрии, ордовике и силуре

В начале главы кратко просуммированы полученные автором фактические данные и выводы предыдущих глав, указывающие на то, что на протяжении кембрия, ордовика и силура территория островов Котельный и Беннетта являлась частью Сибирского палеоконтинента, который в то время уже включал в свой состав Южный и Центральный Таймыр. На основании этих материалов реконструирована палеогеография региона, проиллюстрированная схемами, где показано расположение Сибири, Таймыра и Новосибирских островов в современных координатах. При этом необходимо иметь в виду, что в начале палеозоя Сибирский континент находился в южном полушарии близко к экватору, в перевернутом относительно современного положении, и был почти полностью покрыт морем (напр., Cocks, Torsvik, 2007). Раннепалеозойская палеогеография континентов существенно отличалась от современной. Мелководные эпиконтинентальные моря занимали огромные территории (Ротар, 2001; Flügel, 2010). При этом шельфовые отло-

жения, которые часто интерпретируются как фации пассивной окраины, могли накапливаться во внутренних частях платформы, на расстоянии тысяч километров от континентального склона.

Термин «карбонатная платформа» используется в работе в широком смысле и может применяться для любой более или менее долгоживущей шельфовой обстановки с преимущественно карбонатным осадконакоплением (см. Ротар, 2001). При таком подходе распределение мелководных и относительно глубоководных фаций на территории Сибирской платформы отвечает распределению более и менее прогнутых участков дна в пределах единой обширной карбонатной платформы (эпиконтинентального моря).

В раннем кембрии территория северной части Сибирской платформы, Таймыра, Новосибирских о-вов и шельфа моря Лаптевых представляла собой мелководный морской бассейн, южная и центральная часть которого развивалась в виде слабо дифференцированной по глубинам карбонатной платформы, а северо-восточная (район о. Беннетта) примыкала к суше и характеризовалась терригенным осадконакоплением (рис. 18а, 20). В амгинском веке проявился эпизод трансгрессии, что привело к формированию более или менее мощных карбонатно-черносланцевых пачек. Позже, на протяжении майского века среднего кембрия, практически повсеместно на рассматриваемой территории отлагались пестроцветные глинисто-карбонатные осадки. По-видимому, в это время глубины сибирского палеобассейна сnivelировались, и произошло более широкое, чем раньше, развитие рифовых построек, разделивших территорию на систему замкнутых (полузамкнутых) бассейнов лагунного типа.

С конца майского века рельеф дна бассейна стал более дифференцирован (см. рис. 18б, 20). Прогибы на территории современной Сибирской платформы представляли собой понижения между мелководными банками, имеющие довольно крутые склоны, что приводило к эпизодическому формированию турбидитов (Варламов, 2011; Постановления..., 2016; Lazarenko et al., 2011). Эти понижения окаймлялись рифовыми постройками (Гогина, Леонов, 1983; см. рис. 18б). В северной части территории (Центральный Таймыр, о. Беннетта) в это время также заложился прогиб, в котором на протяжении позднего кембрия и начала ордовика накопилась мощная толща черных сланцев.

В ордовике прогибы на территории большей части карбонатной платформы были сnivelированы (рис. 19). В конце раннего – начале среднего ордовика на северо-востоке сформировалась суша, оконтуренная с запада (а, возможно, и с севера) полосой крайне

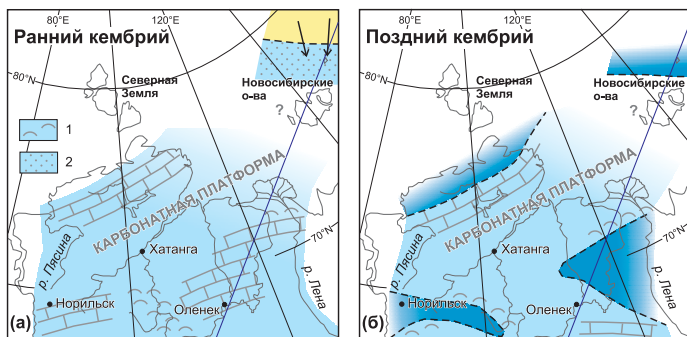


Рис. 18. Палеогеографические схемы на ранний (а) и поздний (б) кембрий. Голубым цветом показаны области мелководного шельфа, синим – относительно глубоководные прогибы в пределах шельфа с карбонатно-глинистым или турбидитовым осадконакоплением, желтым – суша. Расстояние от территории о. Беннетта до суши показано вне масштаба (как и на рис. 19): предположительно, суша располагалась дальше, что отражено на фациальных профилях (рис. 20). При построении схем использованы данные (Соболевская, Кабаньков, 2014; Постановления..., 2016). 1 – рифовые постройки, 2 – терригенная зона мелкого шельфа. Стрелками показано направление сноса.

гальсы дальше, что отражено на фациальных профилях (рис. 20). При построении схем использованы данные (Соболевская, Кабаньков, 2014; Постановления..., 2016). 1 – рифовые постройки, 2 – терригенная зона мелкого шельфа. Стрелками показано направление сноса.

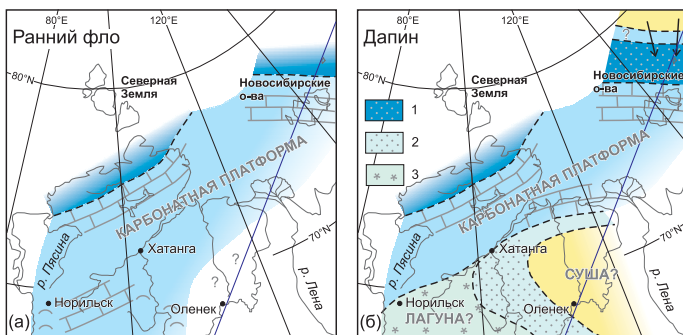


Рис. 19. Палеогеографические схемы на ранний ордовик (ранний флю, а) и средний ордовик (дапин, б). Стрелками показано направление транспорта силикатной кластики. При построении схем использованы данные (Каныгин и др., 2007; Соболевская, 2011). 1 – турбидитовый прогиб, 2 – прибрежно-морская зона с терригенным осадконакоплением, 3 – лагуна? с красноцветами и эвапоритами. Прочие пояснения см. на рис. 18.

мелководного шельфа, где формировались прибрежно-морские кварцевые песчаники. Западнее в этот период происходило накопление пестроцветных лагунных отложений, содержащих эвапориты и силикатную кластику (рис. 19). Одновременно с регрессией на севере Сибирской платформы продолжалось углубление беннеттинского прогиба: в конце раннего ордовика здесь стали накапливаться карбонатные турбидиты, а в начале среднего ордовика – силицикластические. Привнос большого объема силикатной кластики свидетельствует о возникновении относительного поднятия в области сноса, расположенной северо-восточнее прогиба (в современных координатах).

Отложения моложе раннего дарривила на о. Беннетта не обнажены. На остальной территории палеофациальные обстановки в конце среднего — в позднем ордовике были

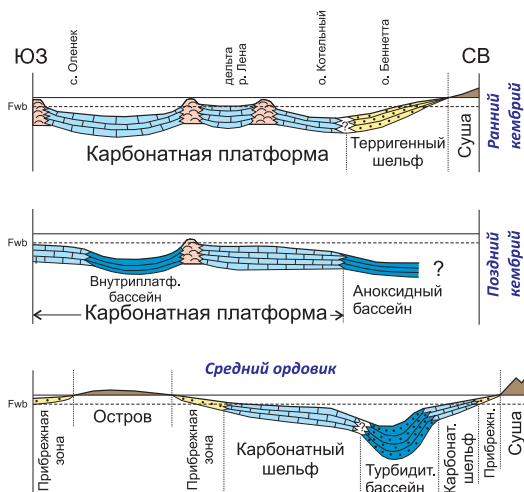


Рис. 20. Гипотетические фациальные профили через северо-восток Сибирской платформы и Новосибирские острова для трех возрастных срезов: ранний кембрий, поздний кембрий, средний ордовик. Линия, по которой построены профили, показана на палеогеографических схемах (рис. 18, 19). Розовым цветом показаны рифовые постройки. Fwb – глубина воздействия обычных волн.

схожи с таковыми в начале периода, став, судя по всему, еще более мелководными на большей части региона. Стабильная карбонатная платформа продолжала свое существование на всей рассматриваемой территории, за исключением Центрального Таймыра, где, как и ранее, отлагались темноцветные граптолитовые сланцы и алевролиты, в верхней части с карбонатными прослоями. Северо-восток Сибири оставался приподнят над уровнем моря. Район острова Котельный и Южного Таймыра представлял собой отдаленную от берега зону карбонатной платформы, где происходило накопление открыто-шельфовых пород.

В первой половине силура отмечается трансгрессия, приведшая к погружению северо-западной части Сибирской платформы и юго-запада о. Котельный, где формировались черные сланцы с граптолитами, битуминозные темные известняки и карбонатные брекчии (см. рис.



Рис. 21. Палеогеографическая схема на ранний силур (ранний-средний лландовери). При построении схем использованы данные (Тесаков и др., 2000; Постановление..., 2014). Условные обозначения см. на рис. 18.

21). Раннесилурийская трансгрессия считается глобальным явлением (Hallam, 2004) и отразилась также в мелководных разрезах, где в низах лландовери залегает пачка черных сланцев. С венлока или второй половины лландовери началось постепенное падение уровня моря, и в конце силура повсеместно на рассматриваемой территории формировались практически лишние фауны доломиты.

Раннепалеозойская эпиконтинентальная карбонатная платформа, реконструированная на обширной территории Сибири, Таймыра и Новосибирских островов, имела тесную связь с Северо-Аляскинской платформой (включая в ее состав северо-восток Чукотки). Сходство литологических фаций ордовика и силура и определенная общность фауны является тому подтверждением (см. Главу 4). Кроме сходства карбонатных разрезов северной Аляски и Новосибирских островов,

на обеих территориях намечаются аналогии в стратиграфическом распределении более глубоководных фаций, включающих граптолитовые сланцы и турбидиты. Накопление, по крайней мере, части таких отложений объясняется на Аляске формированием внутриплатформенных бассейнов в пределах карбонатного шельфа в раннем-среднем ордовике и силуре (Dumoulin et al., 2014). Аналогичный характер, вероятно, имел ранне-среднесилурийский прогиб на о. Котельный и позднекембрийский-среднердовикский трог, задокументированный на о. Беннетта.

Геодинамическая природа беннеттинского прогиба не ясна. Он мог заложиться как внутриконтинентальный рифт, однако прямые доказательства рифтогенеза на о. Беннетта отсутствуют. Ордовикский магматизм (Каплан и др., 2001) предположительно рифтогенного типа (Виноградов и др., 1975; Н.А. Горячев, письменное сообщение; неопубликованные данные А.Б. Кузьмичева и М.К. Данукаловой) проявлен в пределах Новосибирских островов – на о. Генриетта. Однако согласно другой точке зрения, он имеет островодужный генезис (Kos'ko, Korago, 2009; Ershova et al., 2015). Кроме того, признаки ранне-среднеордовикского рифтогенного события известны на Северной Аляске, где его связывают с раскрытием Уральского океана (Till et al., 2014).

О тектонической принадлежности суши, располагавшейся в раннем палеозое северо-восточнее о. Беннетта мы можем судить только по составу кластики, поступавшей в беннеттинский бассейн. Детритовые цирконы из нижнекембрийских и среднеордовикских песчаников острова Беннетта демонстрируют сходное распределение возрастов. Наиболее выраженная популяция представлена «тиманскими» зернами (540-610 млн. лет); почти все остальные цирконы довольно равномерно распределены вдоль интервала 900-2100 млн. лет (Кузьмичев, Данукалова, Хориган, неопубликованные данные). Похожие данные недавно опубликованы в (Ershova et al., 2015). Указанный палео-мезопротерозойский интервал считается типичным для Балтийского щита (Miller et al., 2010), маркируя Свеконорвежские (Bingen et al., 2011) и частично Свекофенские (Lahtinen et al., 2002) источники.

Аналогичное распределение возрастов детритовых цирконов получено для нижнепалеозойских пород севера Таймыра, Северной Земли и Новой Земли (Lorenz et al., 2008,

2012, 2013; Pease and Scott, 2009; Качурина и др., 2012, Ershova et al., 2015). Цитируемые авторы интерпретируют эти данные как доказательство того, что во время Тиманской орогении Кара и Баренция вошли в состав Балтики, откуда и получали кластику. Балтийский источник кластики не противоречит сделанному выше выводу о том, что территория о. Беннетта при этом входила в состав Сибирского палеоконтинента и располагалась на продолжении Центрально-Таймырской зоны.

Традиционно считается, что в раннем и среднем палеозое к северо-западу от Центрального Таймыра существовал океан (Верниковский, 1996; Lavver et al., 2011; Nikishin et al., 2015 и многие другие). Существует также менее популярная точка зрения о том, что Карский террейн (структуры Северного Таймыра и Северной Земли) в венде – раннем палеозое не был отделен океаном от Центрально-Таймырской зоны, и, следовательно, соединялся с Сибирью. Такие выводы были сделаны на основании разных признаков, среди которых: сходство верхнекембрийских отложений по разные стороны Диабазового надвига (Проскурнин, устное сообщение; Кабаньков и др., 2003), сходство кембрийской фауны Северной Земли с сибирской (Лазаренко, 1982), интерпретация возрастов детритовых цирконов (Lorenz et al., 2008). Эту концепцию нельзя считать доказанной, но палеомагнитные данные по крупным континентам ей не противоречат (Cocks, Torsvik, 2005, 2007, 2011; см. также Шацилло, 2015).

Таким образом, вполне вероятно, что Новосибирская и Таймырская окраины Сибири в раннем палеозое соединялись с Балтикой. Начавшиеся в ордовике процессы рифтогенеза(?) привели к формированию глубоких прогибов, задокументированных на о. Беннетта, Таймыре и Аляске. Часть из них могла позже эволюционировать в океанические бассейны, однако прямых указаний, но то, что это произошло в рассматриваемых регионах, нет. Идея о том, что северная часть Балтики и северная часть Сибири (в современных координатах) могли соединяться, высказывалась и ранее: А. Шенгером с коллегами (Sengor et al., 1993) для вэнд-раннекембрийского времени и А. Якубчуком (2004) для неопротерозоя-палеозоя. Решение вопроса о том, что за суша располагалась в раннем палеозое на северо-восточном продолжении Сибирского палеоконтинента, выходит за рамки задач, поставленных в диссертационной работе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные в работе результаты изучения кембрийский-силурийских осадочных толщ двух островов Новосибирского архипелага – Котельного и Беннетта – позволили решить одну из проблем тектоники Арктики и на основе новых фактических данных доказать, что территория этих островов в раннем палеозое входила в состав Сибирского палеоконтинента, а не принадлежала какому-то другому континенту или микроконтиненту, отделенному от Сибири океаном. При этом, сопоставление изученных разрезов с разновозрастными породами Чукотки и северной Аляски указывают на то, что распространенное мнение о включении Новосибирских островов в состав микроконтинента Чукотка–Арктическая Аляска (см. Главу 1) также, скорее всего, правомерно, но с одной существенной оговоркой. А именно: этот «микроконтинент» в раннем палеозое соединялся с Сибирью. Однако если тот факт, что кембрийские-ордовикские отложения острова Беннетта и ордовикские-силурийские породы острова Котельный сформировались на продолжении сибирского эпиконтинентального моря, можно считать достаточно надежно установленным, то для продолжения этого бассейна на Чукотку и Аляску нужны

более серьезные обоснования и дополнительные исследования специалистов по этим регионам. В целом же, и в геологии Новосибирских островов остается по-прежнему много нерешенных вопросов, касающихся, главным образом, более поздних этапов палеозойской и мезозойской истории. Также пока открытым остается вопрос о происхождении суши, реконструированной для кембрия-среднего ордовика в северо-восточной части современного Восточно-Сибирского шельфа – суши, которая, по мнению автора, располагалась на «дальних рубежах» раннепалеозойского Сибирского континента.

Русский исследователь Эдуард Васильевич Толль в 1899 году писал о поисках легендарной Земли Санникова: «Неужели мы отдадим последнее поле действия для открытий нашего севера опять другим народам? Ведь одна из виденных Санниковым земель уже открыта американцами, именно De Long'ом, несчастно погибшим вследствие незнания местных условий в устье Лены. Мы, русские, пользуясь опытом наших предков, уже по географическому положению лучше всех других наций в состоянии организовать экспедиции для открытия архипелага, лежащего на севере от наших Ново-Сибирских островов и исполнить их так, чтобы результаты были счастливы и плодотворны» (Толль, 1899, стр. 19). Эти опасения, высказанные более века назад, актуальны и до сих пор: не в смысле открытия новых земель, но в смысле исследования уже известных. К сожалению, наиболее цитируемые публикации последних лет, посвященные геологии российской Арктики, зачастую принадлежат иностранцам. Этому есть две основные причины: во-первых, организация экспедиций в арктические районы в современных отечественных реалиях крайне трудна (главным образом, в финансовом плане); во-вторых, результаты работ российских (и советских) ученых редко доносятся до международного сообщества – и в этом вина, в первую очередь, нас, ученых. Автору хочется надеяться, что исследования, проводимые нашим коллективом, в том числе те, что составили основу данной диссертации, позволят хотя бы в некоторой степени изменить существующий дисбаланс, а полученные результаты окажутся «счастливы и плодотворны».

Список основных публикаций автора по теме диссертации:

1. Данукалова М.К., Кузьмичев А.Б., Коровников И.В. Кембрий острова Беннетта (Новосибирские острова) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2014. Т. 22. № 4. С. 3-28.
2. Данукалова М.К., Толмачева Т.Ю., Мянник П., Суяркова А.А., Кульков Н.П., Кузьмичев А.Б., Мельникова Л.М. Новые данные о стратиграфии ордовикских-силурийских отложений центральной части острова Котельный (Новосибирские острова) и сопоставление с разновозрастными разрезами Восточной Арктики // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2015. Т. 23. № 5. С. 22-49.
3. Кульков Н.П., Данукалова М.К. Карадокские и ашгильские брахиоподы о. Котельный, их корреляционное значение (верхний ордовик, Арктика) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2015. № 23. С. 23-45.
4. Мельникова Л.М., Данукалова М.К. Ордовикские остракоды центральной части о. Котельный (Новосибирские острова) // Палеонтологический журнал. 2014. № 5. С. 23-33.

Прочие статьи по геологии Новосибирских островов:

Данукалова М.К., Кузьмичев А.Б., Аристов В.А. Обстановка формирования верхнедевонских отложений острова Бельковский (Новосибирские острова): рифтогенный прогиб или окраина континента? // Геотектоника. 2014. № 5. С. 54-80.

Кузьмичев А.Б., Александрова Г.Н., Герман А.Б., Данукалова М.К., Симакова А.Н. Палеоген-неогеновые отложения острова Бельковский (Новосибирские острова): к характеристике осадочного чехла в восточной части шельфа моря Лаптевых // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2013. Т. 21. № 4. С. 91-116.

Кузьмичев А.Б., Данукалова М.К. Осадочные бассейны палеозоя и мезозоя на шельфе моря Лаптевых: результаты полевых работ Геологического института РАН на Новосибирских островах в 2007-2008 годах // в: Леонов Ю.Г. (отв. ред.) Строение и история развития литосферы. Серия: Вклад России в Международный полярный год 2007 / 08. М.: Paulsen, 2010. С.228-242.

Кузьмичев А.Б., Захаров В.А., Данукалова М.К. Новые данные о стратиграфии и условиях формирования верхнеюрских и нижнемеловых отложений о. Столбовой (Новосибирские острова) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2009. Т.17. №4. С.55-74.

Pease V.L., Kuzmichev A.B., Danukalova M.K. The New Siberian Islands and evidence for the continuation of the Uralides, Arctic Russia // Journal of the Geological Society. 2015. V. 172. P. 1-4.

ОБРАЗЕЦ ОТЗЫВА

на автореферат диссертации Данукаловой Марии Константиновны
«Геологическая история территории островов Беннетта и Котельный в раннем палеозое»,
представленной на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по
специальности 25.00.01 – общая и региональная геология

Текст, текст, текст, текст, текст, текст, текст, текст, текст, текст, текст, текст, текст...

Фамилия Имя Отчество

Ученая степень

Ученое звание

Должность, структурное подразделение

Полное наименование организации (**как в Уставе**)

Адрес: 000 000, г. _____, ул. _____, д. _____

Интернет сайт организации

Email: _____

раб. тел.: (000) 000-0000

Я, Иванов Иван Иванович (**ФИО полностью**), даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

«___» _____ 2016 г.

Место печати

Подпись

Подпись Иванова И.И. заверяю (**подпись заверяется заведующим канцелярией, с указанием его должности и фамилии, и скрепляется печатью организации**).

