

УДК 551.732+565.393+551.8

КЕМБРИЙ ОСТРОВА БЕННЕТТА (НОВОСИБИРСКИЕ ОСТРОВА)

© 2014 г. М. К. Данукалова*, А. Б. Кузьмичев*, И. В. Коровников**

*Геологический институт РАН, Москва

**Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

e-mail: DanukalovaMK@yandex.ru

Поступила в редакцию 21.03.2013 г., получена после доработки 13.05.2013 г.

Приведены новые данные о стратиграфии кембрийских отложений одного из наименее изученных островов Восточной Арктики – острова Беннетта, полученные при полевых исследованиях в 2011 г. В разрезе общей мощностью около 500 м выделены четыре литологические толщи, позволяющие проследить эволюцию обстановок осадконакопления: (1) терригенная толща со штормовыми песчаниками; (2) мелководные аргиллиты; (3) лагунные пестроцветные аргиллиты и известняки; (4) черные сланцы. Предложено рассматривать толщи в ранге свит с собственными названиями. Благодаря находкам трилобитов обосновано присутствие на острове всех отделов кембрия. Обилие эндемичных сибирских видов трилобитов свидетельствует о том, что территория острова Беннетта в кембрийское время входила в состав Сибирского континента, а не принадлежала некому экзотическому террейну. Этот вывод подтверждается также синхронностью смены обстановок осадконакопления, зафиксированных в посвитном расчленении разреза кембрия на острове Беннетта и на северо-востоке Сибирской платформы (Хараулахские горы). Кембрийские отложения перечисленных районов накопились в разных частях единого мелководного бассейна, который, вероятно, протягивался также на Таймыр.

Ключевые слова: Арктика, шельф Восточной Сибири, Новосибирские острова, о. Беннетта, стратиграфия, кембрий, трилобиты, Сибирская платформа.

DOI: 10.7868/S0869592X14040048

ВВЕДЕНИЕ

Остров Беннетта расположен в северной части архипелага Новосибирские о-ва, разделяющего моря Лаптевых и Восточно-Сибирское, и принадлежит группе островов Де Лонга (рис. 1). В его строении участвуют слабодислоцированные морские отложения кембрийского–среднеордовикского возраста (мощность около 1500 м) и ранне-меловые внутриплитные базальты (до 380 м). Первые сведения о геологическом строении о. Беннетта получены экспедицией Де Лонга, открывшей остров в 1881 г. (De Long, 1883). Первая геологическая коллекция собрана Э.В. Толлем в 1902 г. (вывезена с острова в 1913 г.), почти все документы исчезли вместе с его экспедицией. После этого кратковременные исследования на острове проводились в 1937 г. М.М. Ермолаевым и П.А. Шумским (Ермолаев, Спизарский, 1947). Единственное систематическое изучение геологии острова осуществлялось в 1956 г. Д.А. Вольновым и Д.С. Сороковым (НИИГА) в рамках Государственной геологической съемки масштаба 1 : 1000000. С тех пор систематических работ на острове не проводилось. В 1987 г. его посещал С.С. Драчев, который идентифицировал разрез

кембрия как турбидиты (устное сообщение). Недостаток фактического материала допускает разные интерпретации обстановок образования палеозойских пород, что приводит к неоднозначной трактовке тектонического положения участка шельфа, включающего о. Беннетта. Поскольку геологическое строение острова отличается от строения областей, расположенных южнее, многие исследователи выделяют здесь самостоятельный террейн (Богданов, 2004; Косько, 2007; Drachev, 2011 и др.) либо включают его вместе с большинством островов архипелага в состав более крупного блока, также чуждого для Сибирского континента (Natal'in et al., 1999). Однако существует и другое мнение, согласно которому о. Беннетта, так же как и более южные острова, в палеозое был частью Сибирской платформы (Cocks, Torsvik, 2011).

Присутствие на о. Беннетта пород кембрийской системы установлено руководителем Русской полярной экспедиции Э.В. Толлем, который, однако, объединял под этим названием все нижнепалеозойские отложения острова и считал, что “по геологическому строению остров Беннетта является продолжением Средне-Сибирского



Рис. 1. Географическое положение района исследований. Рамкой обведен остров Беннетта. Звездочкой показано положение разреза кембрия Хараулахских гор (хр. Туора-Сис).

платогорья” (Толь, 1904). Им собрана коллекция трилобитов (отпечатки и ядра в сланцах), среди которых позднее Г. Холмом и Х. Вестергардом было определено 11 видов, и брахиопод, принадлежащих трем родам (Holm, Westergaard, 1930). Вся фауна отвечает верхней части среднего кембрия (на Сибирской платформе характерна для майского яруса), преобладают сибирские виды. Собственно, это послужило единственным критерием корреляции разрезов кембрия о. Беннетта и Сибири в работе (Cocks, Torsvik, 2011).

Д.А. Вольновым и Д.С. Сороковым в 1956 г. дополнительно выявлены отложения с фауной амгинского возраста. Этими геологами кембрийские породы описаны как зеленовато-серые аргиллиты с редкими прослоями окварцованных известняков (Вольнов, Сороков, 1961). В 90–270 м от видимого основания разреза появляются прослои алевролитов. Выше количество алевролитов увеличивается. Общая мощность кембрия оценена в 500–520 м. Этим, по сути, исчерпывается полученная Д.А. Вольновым и Д.С. Сороковым информация о строении разреза кембрия. Если среднекембрийский возраст пород средней части разреза фаунистически обоснован, то принадлежность верхней части разреза к верхнему отделу системы лишь предполагалась.

В 2011 г. комплексные геологические исследования на острове Беннетта были проведены А.Б. Кузьмичевым и М.К. Данукаловой. В резуль-

тате этих работ получены существенно более полные данные о строении разреза кембрия и его палеонтологической характеристике. Определения трилобитов выполнены И.В. Коровниковым.

СТРОЕНИЕ РАЗРЕЗА И УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Отложения кембрийского возраста обнажены на южном берегу острова (рис. 2). Наилучшие выходы слагают почти непрерывный клиф протяженностью 3 км к западу от главного ледника Зееберга. Эти выходы соответствуют ядерной части и западному крылу пологой антиклинали. Самые высокие горизонты кембрийского разреза обнажены восточнее, в низком обрыве на участке берега между малым ледником Зееберга и западным окончанием пляжа вблизи устья р. Четыре ящика. Большая часть этого обрыва круглогодично скрыта многолетним снежником, и для изучения доступны только фрагменты разреза над ним.

Снизу вверх в разрезе кембрия нами выделены четыре литологические толщи (рис. 3): (1) сланцево-песчаниковая (мощность 100 м), (2) глинистая (160 м), (3) пестроцветная глинисто-карбонатная (130 м), (4) черносланцевая (не менее 100 м). Отложения нижних двух толщ кембрия обнажены в непрерывном береговом обрыве между главным (западным) ледником Зееберга и Зеленой долиной (рис. 2). Переход от второй (глинистой) к третьей (карбонатной) толще виден в восточной части Зеленой долины (точки 202, 260 на рис. 4), основная же часть долины сложена пестроцветной карбонатной толщей кембрия. Ее верхние горизонты и значительная часть четвертой (черносланцевой) толщи обнажены в клифе к западу от точки 149 (самый западный выход кембрия на рис. 2). Верхи разреза кембрия изучены в другой части острова, к западу от устья р. Четыре ящика (рис. 2). Кроме перечисленных выходов, на южном берегу о. Беннетта обнаружено еще четыре локальных обнажения кембрийских пород, расположенных между главным и малым ледниками Зееберга и восточнее последнего (рис. 2). В них вскрыты фрагменты разреза второй и третьей толщ.

Мы предлагаем три верхние выделенные толщи рассматривать в ранге свит, а указанные выше разрезы считать их стратотипами. Все свиты выделяются впервые. Они связаны друг с другом постепенным переходом. Необходимо отметить, что отложениям кембрия о. Беннетта уже присваивалось собственное название: зеебергская толща (Решения..., 2009); однако под ним объединяли все кембрийские породы острова, описанные как толща “относительно монотонных по вещественному составу открыто-морских флишеидных отложений” (Решения..., 2009, с. 46) среднего-верхнего кембрия мощностью более 500 м. В свете

новых данных, приведенных в настоящей работе, нам кажется такое название не правомерным. Было бы уместно сохранить его за нижней толщей кембрия (в нашей номенклатуре). Преимущественно эту часть разреза видели Д.А. Вольнов и Д.С. Сороков, на основании описания которых была позже выделена зеебергская толща. Однако Стратиграфический кодекс это запрещает (Стратиграфический..., 2006, статья XII. 9), поэтому мы именуем нижнюю толщу кембрия сланцево-песчаниковой.

Сланцево-песчаниковая толща

Нижняя толща кембрия сложена преимущественно двумя типами пород: заметными, как правило, линзовидными, пластами массивного песчаника, разделенными темными рассланцованными пачками переслаивания песчаника, алевролита и аргиллита. Встречаются единичные прослои гравелита и конгломерата. В составе толщи выделено 10 литологических пачек (рис. 5). Нижние пять из них промерены рейкой на обнажении, на этот интервал построена детальная колонка (рис. 5, врезка). Ниже приведено описание разреза снизу вверх.

П а ч к а 1. Часть разреза с наиболее мощными пластами светлого песчаника. Строение этой пачки рассмотрено более подробно, так как она демонстрирует большинство признаков, характерных для нижней толщи кембрия. Визуально в обнажении четко выделяются светлые линзы и линзовидные прослои средне-крупнозернистых, существенно кварцевых песчаников мощностью в дециметры и темные относительно тонкообломочные интервалы (рис. 6). Последние сложены частым переслаиванием алевролитов, темных разнозернистых песчаников и аргиллитов либо достаточно однородной глинисто-песчаной породой. В этих темных интервалах разреза также присутствуют маломощные (миллиметры—сантиметры) линзовидные прослои более светлых песчаников. На некоторых уровнях отмечена биотурбация (рис. 7). Линзовидные слои массивного светлого песчаника характеризуются вздутиями и пережимами. Выпуклые части линз могут быть обращены как в сторону кровли, так и в сто-

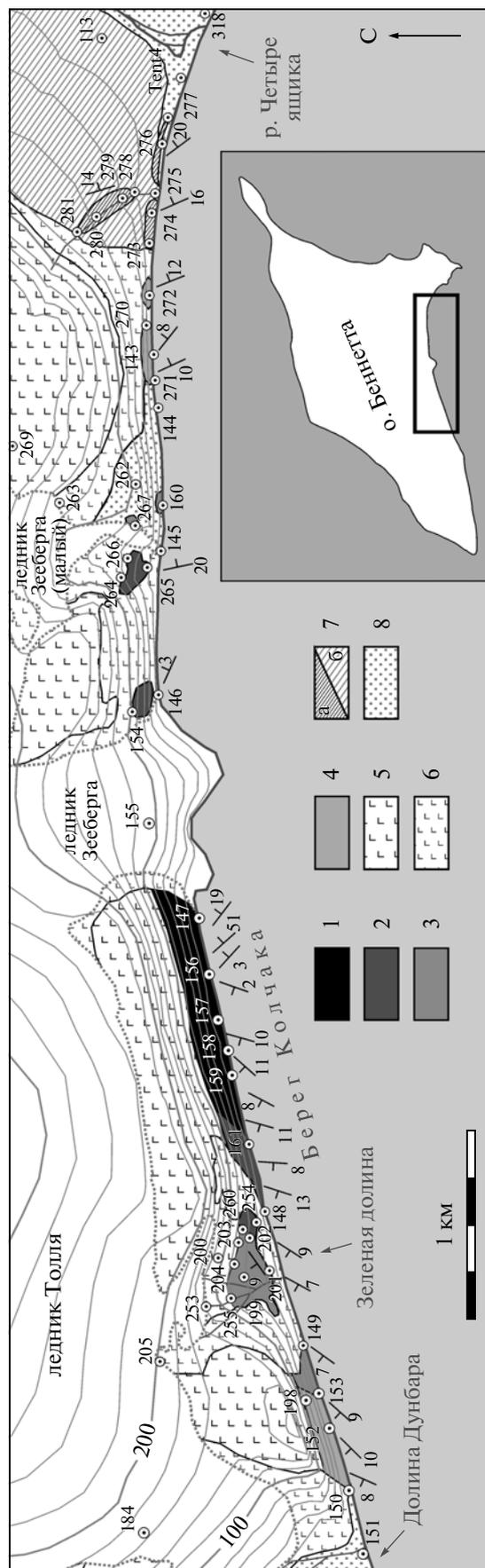
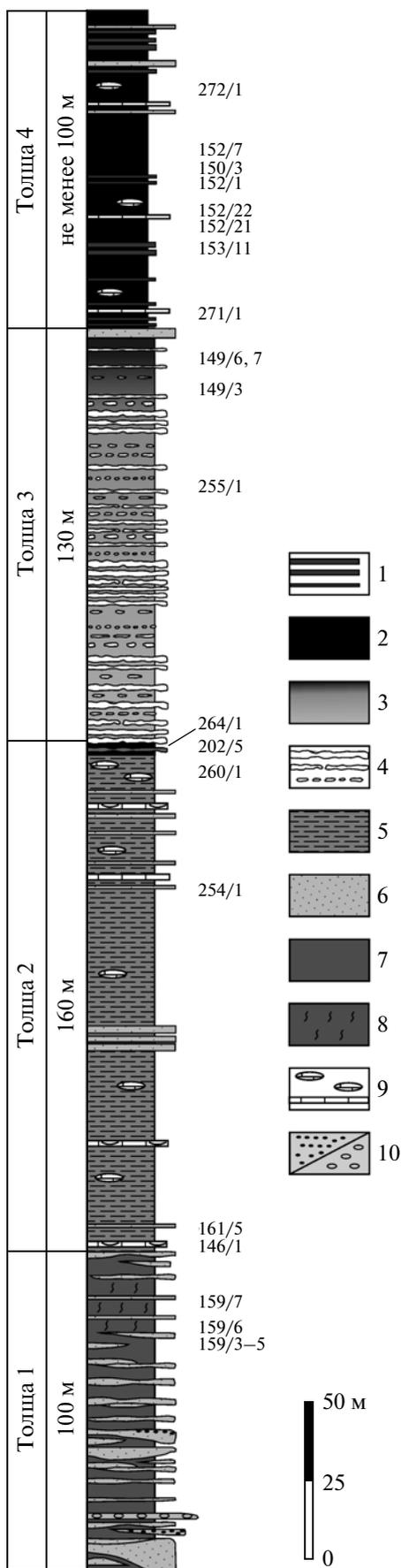


Рис. 2. Упрощенная геологическая карта фрагмента южного берега о. Беннетта, в пределах которого распространены кембрийские отложения. На врезке показано расположение участка.

1—4 — кембрий: 1 — первая толща (нижний кембрий, атдабанский—ботомский? ярусы); 2 — вторая толща (нижний—средний кембрий, тойонский ярус—низы майского яруса); 3 — третья толща (средний кембрий, майский ярус); 4 — четвертая толща (верхний кембрий); 5 — нижнемеловые базальты; 6 — морена; 7 — ордовикские отложения: а — коренные обнажения, б — делювий; 8 — четвертичные отложения.



рону подошвы. Местами удается наблюдать, что эти вздутия в плане изометричны и не являются срезами эрозионных каналов, заполненных песком. Песчаники обычно демонстрируют пологую, слегка изогнутую косую слоистость (рис. 8). Такие седиментационные текстуры описываются как hummocky and swaley cross-stratification, и считается, что подобные пласты образовались вследствие штормовых осцилляций (Dumas, Arnott, 2006 и ссылки в этой работе). Нижняя граница таких прослоев резкая, иногда эрозионная, кровля может быть градационной. На подошве бывают заметны знаки нагрузки. Кроме того, некоторые линзы песчаников (в том числе наиболее мощные) интерпретированы нами как результат заполнения подводных каналов; для них характерно резкое увеличение мощности (до 1.5 м) на коротком расстоянии и срезание подстилающих горизонтов под крутым углом. В разрезе присутствуют и промежуточные между двумя этими типами тела песчаников, обладающие общими для swaley и подводных каналов признаками. Аргиллиты слагают редкие самостоятельные слои в составе темных интервалов разреза и присутствуют в кровле некоторых градационных ритмов. В верхней половине пачки 1 описана серия сближенных пластов темного-песчаника, которые на простирании сливаются в один пласт мощностью 1.5 м (рейка 5 на рис. 5, врезка). Такой пласт единственный во всей толще. По составу он также существенно кварцевый, но содержит глинистое вещество с примесью органики (?). Песчаник однородный, мелко-среднезернистый, неявная слоистость появляется только в верхней части пласта. В двух метрах ниже кровли пачки залегает линза гравелита с черным фосфатным гравием. Мощность пачки 16 м.

Пачка 2. Темные песчаники-алевролиты с прослоями алевритистого аргиллита и тонкими прерывистыми горизонтами намывного более светлого песчаника, присутствуют следы биотурбации. В трех метрах выше подошвы пачки появляются более заметные линзовидные прослои

Рис. 3. Схематическая литологическая колонка кембрийских отложений о. Беннетта.

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 прослои и нодулы известняка в составе третьей толщи; 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 (для четвертой толщи, кроме того, глинисто-карбонатные и глинисто-сульфатные конкреции и прослои); 10 – гравелиты/конгломераты. Справа от колонки показаны номера образцов, содержащих трилобиты.

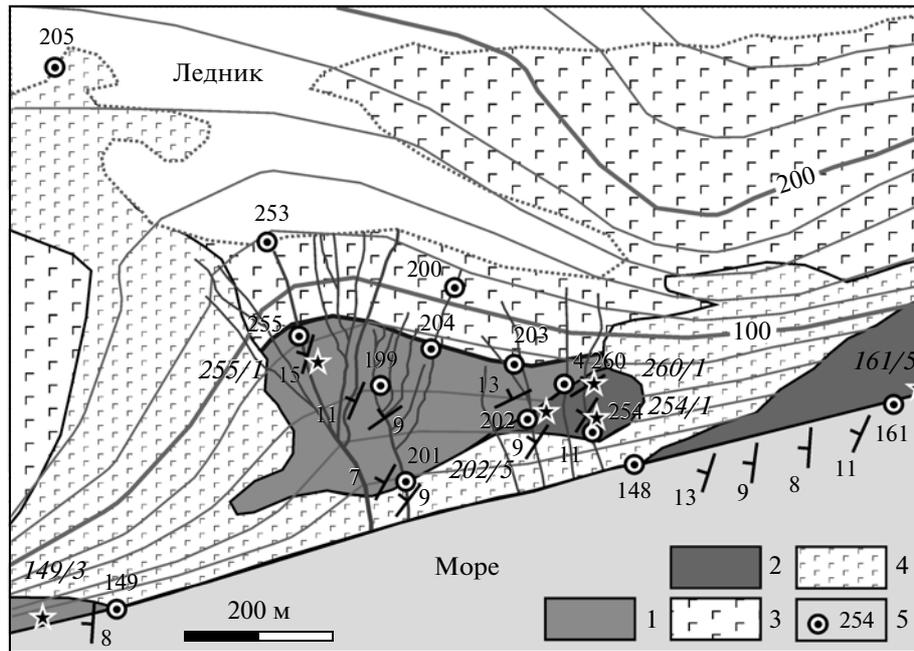


Рис. 4. План выходов кембрия в Зеленой долине.

1 – третья толща кембрия; 2 – вторая толща кембрия; 3 – базальты; 4 – морена; 5 – точки наблюдения. Звездочками показаны места находок трилобитов и номера соответствующих образцов.

светлого песчаника (3–5 см), их количество и мощность постепенно возрастают вверх по разрезу, линзовидность становится более проявленной. Такие прослои аналогичны штормовым песчанкам первой пачки, но иногда вблизи кровли слоистость напоминает результат воздействия течения (крутопадающие слои). Вблизи подошвы пачки залегают выдержанный пласт внутриформационного конгломерата мощностью 20–40 см, представленный полуокатанными обломками песчаника в песчаном же цементе. Мощность пачки 8.4 м.

П а ч к а 3. По строению подобна пачке 1, но мощности линз и прослоев светлого песчаника не превышают 20 см (обычно меньше). Мощность 6.7 м.

П а ч к а 4. Напоминает пачку 1. В верхней трети в линзах светлого песчаника встречены скопления фосфатного гравия. Есть прослои с однонаправленными крутопадающими косыми слоями. Мощность пачки 10.8 м.

П а ч к а 5. Подобна пачке 3. Мощность 7.3 м.

П а ч к а 6. Похожа на подстилающую пачку; в ее средней части появляются сильно биотурбированные глинисто-алевролитовые прослои, выше они встречаются чаще, а количество хорошо оформленных линзовидных прослоев светлого песчаника постепенно уменьшается. Мощность 20.6 м. Граница с пачкой 5 условная – проведена по кровле промеренного рейкой интервала разреза. В верхней части пачки 6 найдены трилобиты

Judomia sp., *Fallotaspidella* sp., *Delgadella* sp. и брахиоподы *Obolella* sp.

Пачка 1 несколько отличается от сходных по строению пачек 3–6 большей контрастностью разреза. Для нее характерны мощные (более 30 см) обособленные прослои светлого песчаника, которые разделяются довольно большими (как правило, от полуметра и более) темными интервалами песчано-глинистого переслаивания. В пачках 3–6, наоборот, светлые песчаники имеют меньшую мощность (5–15 см), но расположены чаще.

П а ч к а 7. Алевролит-глинистое и алевролит-песчано-глинистое переслаивание, которое преимущественно превращено в бесструктурную диамиктилоподобную массу в результате интенсивной биотурбации. Редко встречаются нормально оформленные прослои песчаника (до 10 см, иногда до 20 см) и алевролита. Мощность 11.4 м. В пачке найдены трилобиты *Judomia tera Lazarenko*, 1960, *Sajanaspis* sp.? и брахиоподы *Obolella* sp.

П а ч к а 8. Подобна подстилающей пачке. Мощность 6 м.

П а ч к а 9. Алевролиты с редкими линзовидными прослоями песчаника (наиболее заметный – вблизи подошвы, его мощность достигает 30 см; остальные маломощные). Мощность 5 м.

П а ч к а 10. Похожа на пачку 3. Мощность 3 м.

Некоторые слои песчаника в пачках 7 и 8 по седиментационным признакам имеют сходство с турбидитами. Снизу вверх в таких пластах наблю-

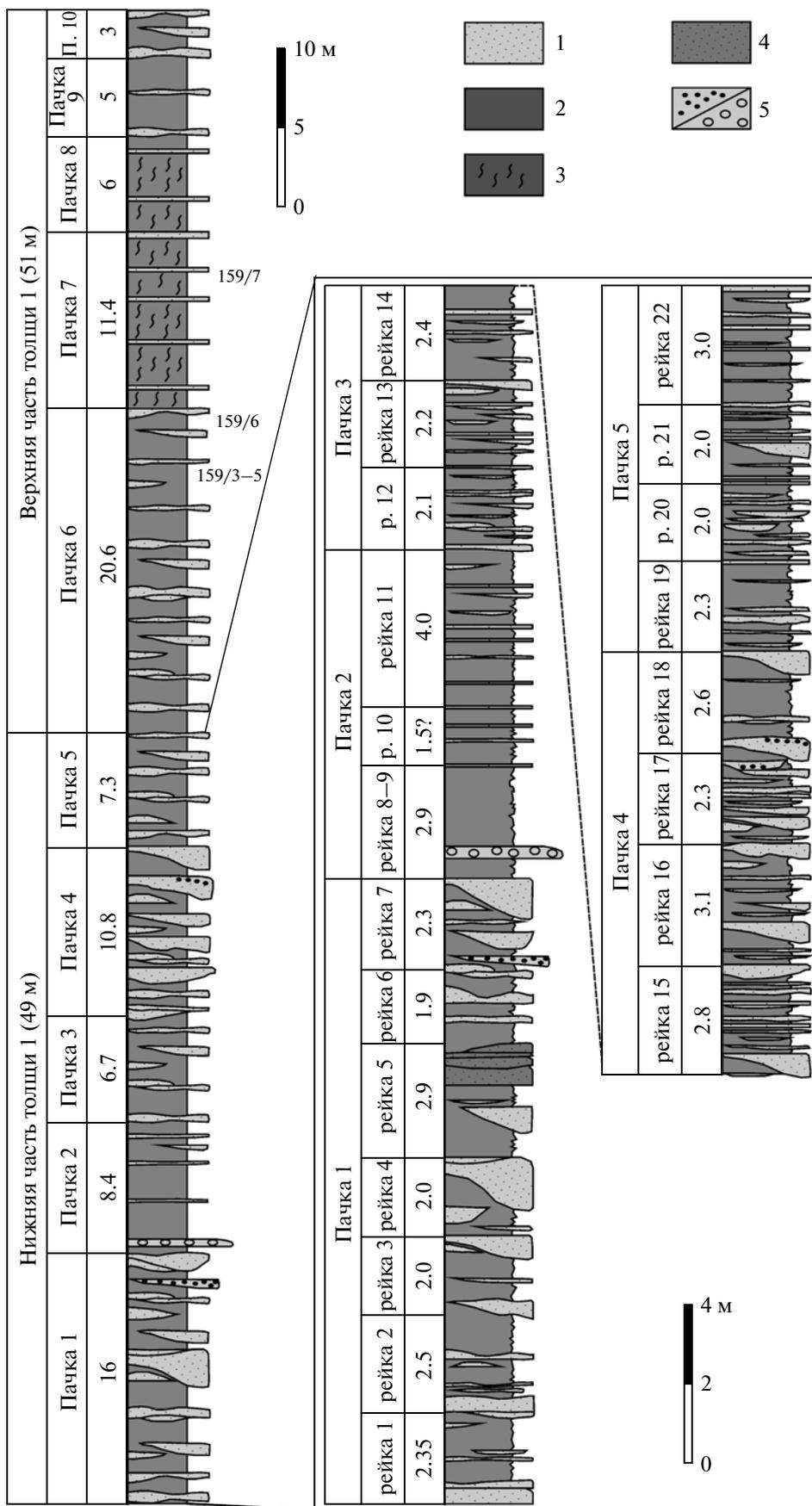


Рис. 5. Строение первой толщи кембрия. Справа на врезке приведена более детальная колонка на нижнюю половину разреза.

1 – песчаники; 2 – алевролиты и аргиллиты, в том числе с тонкими линзовидными прослоями песчаника; 3 – биотурбированная песчано-глинистая порода; 4 – характерный пласт (серия пластов) темного глинистого песчаника; 5 – гравелит/конгломерат. Слева от колонок приведены мощности в метрах, справа – номера образцов, содержащих трилобиты.



Рис. 6. Типичное сочетание массивных светлых песчаников и темных интервалов песчано-глинистого переслаивания в нижней части первой толщи кембрия. Нижний линзовидный пласт светлого песчаника интерпретирован как штормовой (swalley cross bed). В составе темных сланцеватых пачек также заметны маломощные линзовидные прослои светлых песчаников. Высота мерной рейки 2 м.

даются следующие текстуры: маломощная неслоистая часть; горизонтально-слоистый интервал, переходящий в интервал с пологой косо-волнистой слоистостью, напоминающей hummocky; верхняя мощная часть с взбирающейся рябью. Иногда в кровле присутствует горизонтальная слоистость. Похожая последовательность текстур описана для шельфовых турбидитов, которые образуются при влиянии штормовых волн (Mugow et al., 2002).

Сланцево-песчаниковая толща является самым древним подразделением на острове, и нижняя ее граница не вскрыта; фаунистически охарактеризована только верхняя часть разреза. Толща имеет атдабанский–ботомский возраст; возможно, ее нижняя часть является более древней. Видимая мощность 100 м.

Глинистая толща (колчакская свита)

Разрез второй толщи монотонный, и детальная колонка для нее не составлена. Толща сложена в основном серыми и зеленовато-серыми ли-

стоватыми аргиллитами и неправильно-плитчатыми алевролитами. В разрезе встречены маломощные (до 10 см) редкие конкрециевидные прослои органогенно-обломочного известняка с фрагментами панцирей трилобитов, горизонты мелких карбонатных конкреций и отдельные крупные дисковидные карбонатные конкреции. Нижние 5 м толщи сложены серыми алевролитами с редкими тонкими сильно биотурбированными прослоями песчаника. В средней части толщи описана небольшая по мощности (несколько метров) пачка, насыщенная песчаниками с волновой и флазерной слоистостью, обычно характерной для крайне мелководных обстановок. В верхней части толщи распространены маломощные горизонты алевролитов и тонкозернистых песчаников с аналогичными текстурами, волновой рябью и реже рябью течения. Отмечены следы биотурбации, присутствуют редкие более мощные конкрециевидные карбонатные прослои и линзы (до первых дециметров) с реликтами флазерной косоугольной слоистости (рис. 9). По-видимому, они также образовались за счет намыва об-

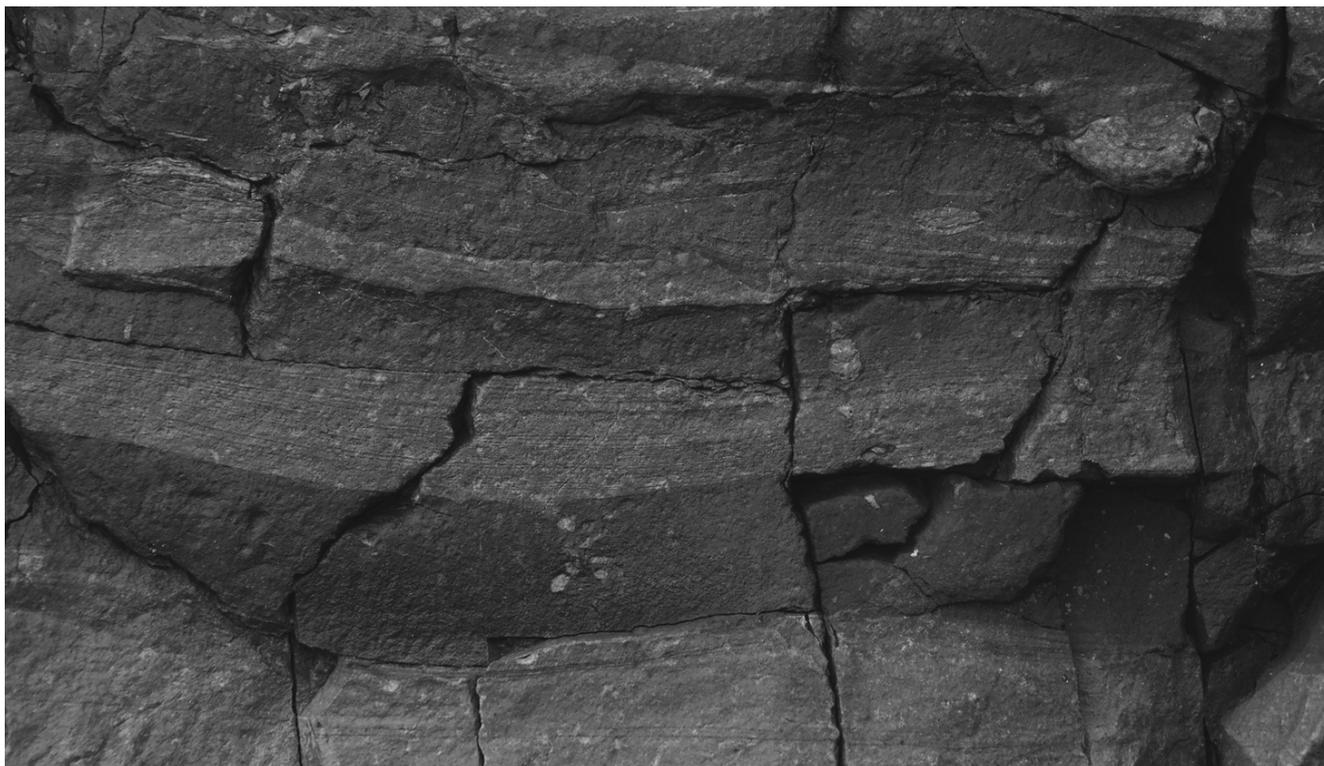


Рис. 7. Тонкие прослои более светлого песка с пологой штормовой слоистостью среди темно-серого алевролита. Видны отдельные следы жизнедеятельности (рытья?) и биотурбационная текстура в верхней части кадра. Высота кадра 15 см.

ломочного материала, а конкрециевидный облик приобрели вследствие частичного диагенетического перераспределения вещества. Кроме подобных линз, в этой части разреза есть и “нормальные” дисковидные конкреции, сопоставимые с ними по размеру.

Толща охарактеризована трилобитами на нескольких уровнях. Вблизи подошвы обнаружены *Lermontovia grandis* (Lermontova, 1951), *Neopagetina* sp., *Anabaraspis splendens* Lermontova, 1951, *Paramicmacca submissa* Repina, 1972, *Protolenidae* gen. indet., а также брахиоподы *Lingulata* gen. et sp.



Рис. 8. Над молотком расположена песчаная линза с типичной для hummocky cross-stratification формой и пологой косой слоистостью.

indet. В верхней части толщи найдены *Paradoxides pinus?* (Westergard, 1936) и *Paradoxides* sp.; вблизи кровли – *Paradoxides sacheri* Barrande, 1852, *Paradoxides* sp., *Ptychagnostus* sp., *Pentagnostus praecurrens* (Westergard, 1936), *Stenocephalus probus* N. Tchernysheva, 1953, *Solenopleura* sp., *Peronopsis* aff. *fallax* (Linnarsson, 1869), *Pseudanomocarina horrida* N. Tchernisheva, 1961, *Acadognostus acadicus* Hart, 1868. На основании перечисленной фауны возраст второй толщи определяется как тойонский век раннего кембрия–начало майского века среднего кембрия. Мы предлагаем ее именовать колчакской свитой по Берегу Колчака (участок южного берега острова между Зеленой долиной и западным ледником Зееберга; рис. 2), в западной части которого она распространена. Берег назван нами в честь А.В. Колчака – руководителя спасательной экспедиции (снаряженной в 1903 г. для поисков отряда Э.В. Толля), дважды прошедшего этим берегом (Колчак, 1906). Мощность свиты около 160 м.

Обстановка формирования нижних двух толщ кембрия

Значительная часть нижней толщи кембрия сформировалась в относительно мелководном море при активном влиянии штормов. Об этом свидетельствуют преобладающие в разрезе седи-

ментационные текстуры — hummocky cross-stratification и swaley cross-stratification. Такая слоистость характерна для осадков, отлагающихся во время штормов на участке дна между базисом обычных и штормовых волн, чему соответствует глубина в первые десятки метров (Dumas, Arnott, 2006). Обилие песчаников в разрезе указывает на постоянный привнос песчаного материала в прибрежную часть бассейна с соседней суши. Во время накопления осадков верхней части первой толщи поступление песчаного материала постепенно сокращалось; вторая толща кембрия практически лишена песчаников, хотя условия ее формирования, по-видимому, более мелководные. Возможно, к началу формирования глинистой толщи рельеф питающей суши был пенепленизирован. На мелководную обстановку ее накопления указывает отмеченная на нескольких уровнях волновая и флазерная слоистость осадков, которые традиционно интерпретируются как текстуры, формирующиеся в прибрежной части моря вблизи приливно-отливной зоны; волновая рябь в верхней части разреза, а также наличие горизонтов (в том числе органогенно-обломочных) с многочисленными трилобитами. Значительные интервалы толщи сложены однородными глинистыми осадками, которые не сохранили первичных седиментационных текстур вследствие сильного уплотнения.

Самые верхние горизонты глинистой толщи обнажены на восточном склоне Зеленой долины (точки 202, 260 на рис. 4). Переход к третьей толще происходит постепенно. В 10 м ниже ее подошвы залегают зеленовато-серые и темно-серые аргиллиты с крупными дисковидными конкрециями известняка (до 1 м), содержащими фрагменты трилобитов. Выше преобладают черные пластинчатые до рыхлых листоватых аргиллиты с одним (возможно, несколькими) прослоем темно-серого комковатого известняка, почти полностью состоящего из панцирей трилобитов. Над черными сланцами залегают светло-серые комковатые известняки и аргиллиты, отнесенные нами к основанию третьей толщи. Выше известняки преобладают, окраска постепенно становится пестрой.

Пестроцветная глинисто-карбонатная толща (свита Зеленой долины)

Третья толща кембрия является наиболее ярким интервалом кембрийского разреза — как в прямом, так и в переносном смысле. В ее строении участвуют серо-зеленые алевритистые аргиллиты-алевролиты и розовые известняки, содержащие силикатную примесь. В алевролитах иногда заметна тонкая параллельная слоистость, выраженная чередованием более и менее насыщенных глиной горизонтов. Известняки слагают комковатые прослои и нодулярные горизонты в

глинисто-алевролитовом матриксе мощностью 1–20 см (рис. 10а, 10б). Некоторые прослои выдержанны и хорошо оформлены — имеют относительно ровные границы, слабо выраженную нодулярную текстуру. Иногда у таких пластов выделяется резкая четкая верхняя граница (рис. 10в), вблизи которой известняк выглядит массивным; ниже в слое появляются включения, линзочки аргиллита, известняк становится комковатым и подошва неровная. Соотношение карбонатных и глинистых пород в разрезе закономерно меняется: некоторые участки сложены преимущественно аргиллитом-алевролитом, на других преобладают известняки. Но в целом строение третьей толщи кембрия однообразно. И глинистые, и карбонатные породы на некоторых уровнях разреза содержат фрагменты панцирей трилобитов, иногда многочисленные. При этом целые организмы ни разу не были встречены — только головные или хвостовые щиты. В средней части разреза найдены *Pseudagnostus* (*Sulcatagnostus*) sp., *Oidagnostus* sp., *Agraulos* cf. *acuminatus* (Angelin, 1851), *Ciceragnostus citea* (Tullberg, 1880), *Phalacroma maja* Pokrovskaya, 1958, *Solenopleura lecta* Egorova, 1982, *Anomocarina siberica* (Holm et Westergard, 1930), *Dolichagnostus admirabilis* Pokrovskaya, 1958. Из верхней части толщи происходят следующие трилобиты: *Anomocarina siberica* (Holm et Westergard, 1930), *A. splendens* Lermontova, 1940, *Clavagnostus repandus* (Westergard, 1930), *Linguagnostus sibiricus* Pokrovskaya et Pegel, 1982, *Pseudagnostus* sp.?, *Pseudophalacroma crebra* Pokrovskaya, 1958, *Anomocare excavatum* (Angelin, 1851), *Corynexochus* cf. *perforatus* Lermontova, 1940, *Anomocarioides limbataeformis* Lermontova, 1940, *Phalacroma maja* Pokrovskaya, 1958, *Peronopsis* sp.

В отличие от других частей разреза кембрия, обнаженных только в береговых обрывах, третья толща выходит также на обширном участке с хорошей площадной обнаженностью. Этот участок — Зеленая долина (рис. 4), получившая свое название из-за слагающих ее пород: зеленоватые алевролиты-аргиллиты сразу обращают на себя внимание; прослои известняков здесь более “бледные”, окрашены в светло-серые и бежевые тона. Участок с берега не виден, потому что долина — висячая и отделена от пляжа обрывчиком, сложенным глыбовой мореной. Долина широкая, с довольно крутыми склонами, в верхней части заполнена выводным языком ледника Толля, с которого стекают многочисленные ручьи. Породы пестроцветной толщи слагают квесточки между ручьями и обнажены в их бортах, в восточной части участка видны в промоинах на засыпанном мореной склоне. Кембрийские отложения обнажены на склонах до высоты 70–90 м над уровнем моря, выше залегают базальты. Если рассматривать пестроцветную толщу в ранге свиты, мы предлагаем ее называть свитой

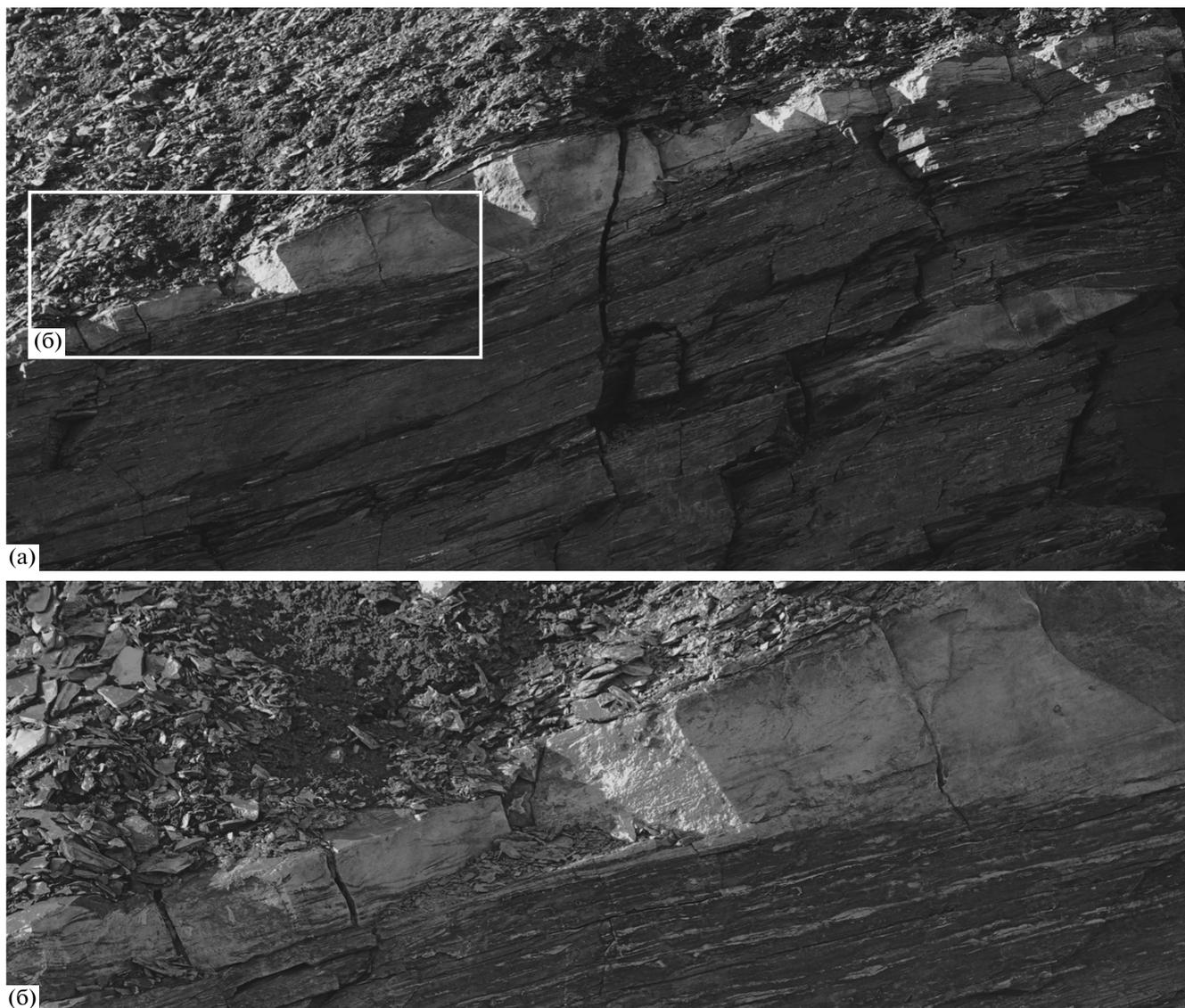


Рис. 9. Линзовидные конкреции и тонкие линзовидные слойки обломочного карбонатного материала в аргиллитах верхней части второй толщи кембрия.

Мощность верхней конкреционной линзы около 30 см. (а) — общий вид, (б) — деталь. В левой части конкреции видны реликты флазерной слоистости в известняке. Тонкие светлые прерывистые прослои в аргиллитах представляют собой срезы валиков ряби.

Зеленой долины. Ее общая мощность оценена в 130 м, возраст соответствует майскому веку.

Накопление третьей толщи кембрия, по-видимому, происходило в насыщенных кислородом водах спокойной лагуны с низкой гидродинамикой, ниже базиса воздействия обычных волн. Первоначально в бассейне отлагались илы с различным отношением глинистого и карбонатного материала на разных горизонтах, что могло быть обусловлено колебаниями уровня моря. При раннем диагенезе в менее насыщенных карбонатом слоях осадка формировались цепочки линзочек и нодулей известняка в глинисто-алевритовом матриксе; более насыщенные горизонты трансфор-

мировались в относительно однородные прослои известняка. Ровная резкая кровля некоторых известняковых пластов (рис. 10в) может быть интерпретирована как поверхность плотного дна (*firmground*), возникшая из-за ранней цементации осадка в придонном слое. Влияние последней на формирование нодулярных известняков описано в литературе (например, Möller, Kvingan, 1988). Согласно этим авторам, в более насыщенных глиной горизонтах осадка цементация происходит медленнее, что приводит к образованию изолированных нодулей. Мы предполагаем, что комковатая текстура известняков могла быть также связана с биотурбацией. Хотя явных следов

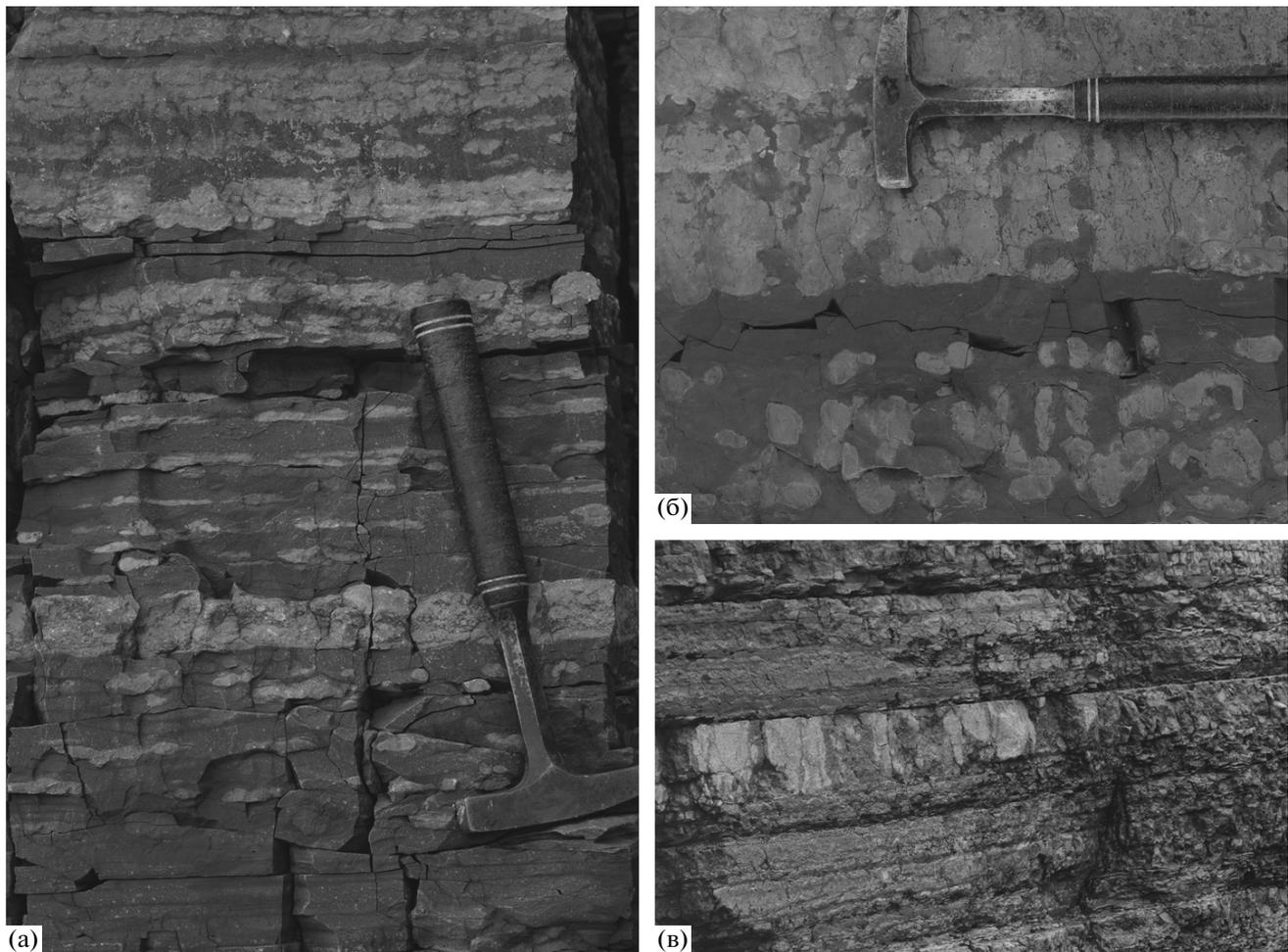


Рис. 10. Типичные породы пестроцветной толщи.

(а, б) — комковатые прослой и цепочки нодулей известняка в алевритистых аргиллитах; (в) — слой известняка с резкой кровлей, массивной верхней частью и комковатой нижней. Возможно, такие горизонты образовывались при ранней цементации осадка и представляли собой поверхности плотного дна. Высота кадра около 1.3 м.

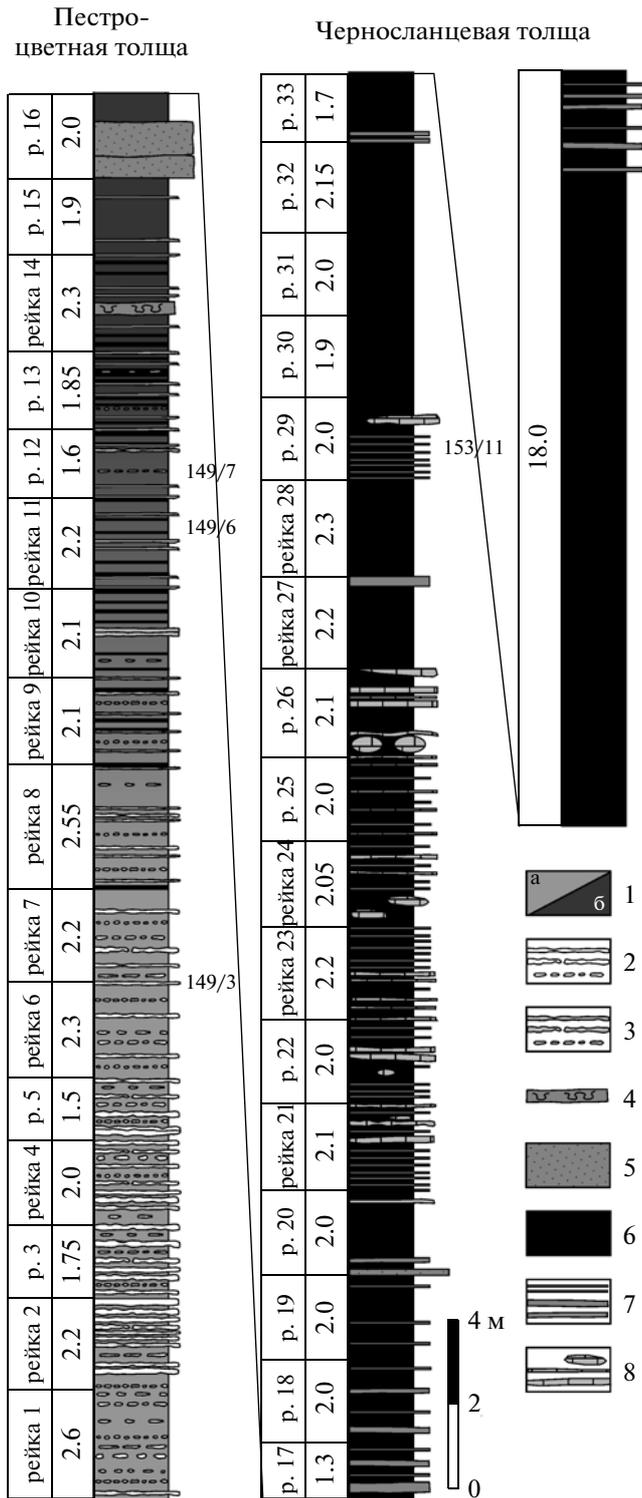
жизнедеятельности в третьей толще кембрия не обнаружено, заметно определенное сходство текстур пестроцветных пород с системами ходов *Thalassinoides*. Достаточно высокая встречаемость остатков трилобитов в толще позволяет предполагать, что они также были одними из агентов биотурбации. В недавнее время доказано, что некоторые трилобиты создавали системы тоннелей, аналогичных следам *Thalassinoides* (Cherns et al., 2006).

В береговом обрыве западнее Зеленой долины обнажен постепенный переход от пестроцветной глинисто-карбонатной толщи к черносланцевой (рис. 11). В верхней части третьей толщи породы теряют пестроцветность, аргиллиты становятся более темными с тонкими черными прослоями, затем темно-серыми. Известняков становится меньше, почти пропадают нодулярные горизонты в тонкообломочных породах, в выдержанных пластах менее заметна комковатость; к подошве

четвертой толщи известняки практически исчезают. Возрастает количество алевритового материала в разрезе (в том числе в известняках). В верхней части переходного интервала описан крепкий прослой алевролита (20 см) с конволютной слоистостью. Граница толщ проведена по кровле мощного (1.6 м) пласта серого неслоистого песчаника, который ложится на известняк (рис. 12).

Черносланцевая толща (дунбарская свита)

Толща представлена черными более или менее рыхлыми сланцами, которые рассыпаются на мелкие листочки и чешуйки; в шлифах заметна тонкая параллельная слоистость. На нескольких уровнях черные сланцы сменяются более крепкими темно-серыми плитчатыми и скорлуповато-плитчатыми алевритистыми аргиллитами. В сланцах рассеяны мелкие разложенные конкреции пирита. Присутствуют редкие тонкие (обыч-



но первые сантиметры) горизонты известняка, глинисто-карбонатные и оржавленные с поверхности глинисто-сульфатные конкреции эллипсоидальной и дисковидной формы (диаметр дециметры—более метра), прослои алевролита мощностью от первых сантиметров до 15 см (рис. 13). В нижних 20 м разреза некоторые интервалы по-

строены ритмично: черные сланцы чередуются с зеленовато-серыми глинисто-алевритистыми горизонтами и линзовидными слойками мощностью миллиметры—первые сантиметры; последние бывают косослоистыми. В верхней половине толщи присутствуют серии (по несколько метров) сближенных массивных прослоев известковистого алевролита—мелкозернистого песчаника мощностью до 50 см. Некоторые из них демонстрируют косую и конволютную слоистость. В нескольких прослоях алевролита и песчаника замечены следы подводного оползания (мелкие внутрислоевые складки размером от первых сантиметров до первых дециметров).

Рис. 11. Строение верхней части третьей толщи и нижней части четвертой толщи (граница между ними проводится по кровле интервала “рейка 16”). 1–5 – третья толща: 1 – алевритистые аргиллиты: а – зеленые, б – темно-серые, градиентной заливкой показан постепенный переход одних в другие, 2, 3 – комковатые прослои и нодулы известняков розовых (2) и серых (3), 4 – алевролит с конволютной слоистостью, 5 – песчаник вблизи кровли третьей пачки; 6–8 – черносланцевая толща: 6 – черные сланцы, 7 – прослои алевролита, 8 – глинисто-карбонатные и глинисто-сульфатные конкреции и горизонты. Слева от колонок приведены мощности в метрах, справа – номера образцов, содержащих трилобиты.

строены ритмично: черные сланцы чередуются с зеленовато-серыми глинисто-алевритистыми горизонтами и линзовидными слойками мощностью миллиметры—первые сантиметры; последние бывают косослоистыми. В верхней половине толщи присутствуют серии (по несколько метров) сближенных массивных прослоев известковистого алевролита—мелкозернистого песчаника мощностью до 50 см. Некоторые из них демонстрируют косую и конволютную слоистость. В нескольких прослоях алевролита и песчаника замечены следы подводного оползания (мелкие внутрислоевые складки размером от первых сантиметров до первых дециметров).

В нижней половине разреза черносланцевой толщи найдены сакские трилобиты *Gliptagnostus reticulatus* (Angelin, 1851), *Eugonocare cylindrata*?, E. sp., *Pseudagnostus idalis* Opik, 1967, *Parabolinites aff. rectus* Pokrovskaya, 1966, P. sp., *Oidagnostus* sp., *Aspidagnostus lunulosus* (Krys'kov), *Goniagnostus* sp., *Acrocephalella granulosa* Rosova, 1963, *Linguagnostus kjerulfi* (Brogger, 1878), *Aagnostus pisiformis* (Wahlenberg, 1818), *Homagnostus* sp. Выше собраны аксайские *Parabolina angusta* Pokrovskaya, 1966, *Parabolinites rectus* Pokrovskaya, 1966, *Erixanimum sentum* Opik, 1967, *Pseudagnostus idalis* Opik, 1967, *Pseudagnostus* sp., *Plicatolina cf. quadrata* Pokrovskaya, 1966, *Eurudagnostus brevispinus* (Lerm). В подошве и кровле толщи трилобиты не найдены, однако мы предполагаем, что ее возраст охватывает весь поздний кембрий (см. ниже). Общая мощность толщи не менее 100 м. Предложенное для нее название “дунбарская свита” образовано от долины Дунбара, ограничивающей с запада выходы кембрийской системы. Название долины, в свою очередь, дано нами в честь Вильяма Дунбара – участника трагической американской полярной экспедиции 1879–1881 гг., исследовавшего южный берег открытого ими острова и впервые описавшего эту долину (De Long, 1883). Необходимо оговориться, что в состав дунбарской свиты целесообразно включать также нижнеордовиковские отложения, литологически сходные с верхнекембрийскими; однако в этой статье



Рис. 12. Общий вид обрыва в точке 153 (см. рис. 2). В нижней части кадра — мощный пласт песчаника в кровле толщи 3, выше — черные сланцы четвертой толщи, перекрытые меловыми базальтами. Высота мерной рейки 2 м.

мы рассматриваем только кембрийскую часть разреза свиты.

По имеющимся данным можно предположить, что на финальном этапе накопления осадков пестроцветной третей толщи кембрия началось постепенное углубление бассейна. В черносланцевой толще сохранилась первичная слоистость, отсутствуют явные следы биотурбации; эти признаки интерпретируются в литературе как следствие аноксидных условий (Pedersen, 1985 и ссылки в этой работе). Однако мы предполагаем, что полностью бескислородные условия возникали в бассейне эпизодически, так как на некоторых уровнях разреза сланцы усеяны панцирями мелких трилобитов. Присутствие в разрезе прослоев алевролита и песчаника с тонкой горизонтальной слоистостью можно объяснить периодическим привнесом в бассейн терригенного материала сильными штормами и осаждением его из движущейся взвешенной суспензии (storm-generated suspension clouds; Reineck, Singh, 1972; Schieber, 1994). Косослоистые горизонты и мелкие валики ряби, вероятно, также связаны с вызванными штормами течениями либо являются

результатом перераспределения слабыми волнами наиболее крупного материала, отлагавшегося из взвеси первым (на стадии, когда энергия течения была выше; Pedersen, 1985). Глубина бассейна, предположительно, составляла десятки метров (Reineck, Singh, 1972), изредка могла приближаться к базису штормовых волн.

Граница кембрия и ордовика

Верхняя граница кембрийской системы проведена в значительной степени условно: верхи кембрия и низы ордовика литологически не различимы, а фауну в пограничных отложениях ни нам, ни предшественникам найти не удалось. Последнее достоверно кембрийское обнажение расположено в точке 272 (рис. 2). В этом выходе вскрыт незначительный по мощности фрагмент разреза темно-серых и черных листоватых и скорлуповато-плитчатых сланцев, содержащих аксайские трилобиты. Разрозненные выходы листоватых черных сланцев с единичными прослоями песчанистого алевролита продолжают еще на расстоянии 50 м вдоль пляжа к востоку, далее от точки 273 (вверх по разрезу) обнажений нет. Сле-

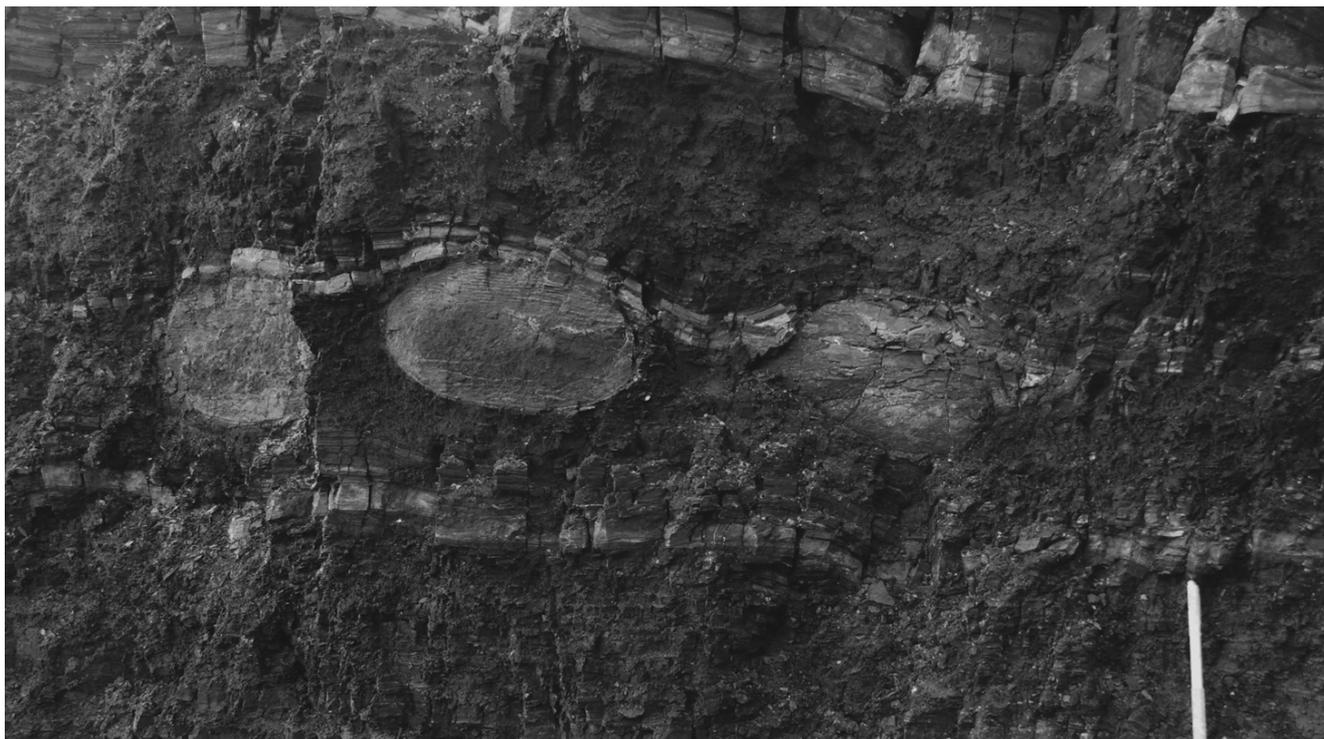


Рис. 13. Глинисто-карбонатные конкреции и прослои карбонатного алевролита в нижней части черносланцевой толщи. Высота кадра 1 м.

дующее обнажение начинается в точке 273, и на протяжении 113 м к востоку от этой точки продолжают эпизодические выходы и высыпки черных сланцев, часто превращенных в труху. Далее до точки 274 тянется низкое (менее 1 м) коренное обнажение, представленное чередованием листоватых сланцев и плитчатых аргиллитов. Некоторые разности песчаные, с халустой поверхностью. В начале интервала присутствует прочный пласт (линза?) неправильно-плитчатого слоистого буроватого пористого алевро-песчаника мощностью 30 см неясного происхождения. В верхней части интервала присутствует еще одна прочная линза (25 × 100 см), сложенная известковистым песчаником, плитчатым снизу и сверху и массивным в центральной части. На нескольких уровнях разреза между точками 273 и 274 присутствуют сантиметровые прослои массивного, оржавленного снаружи, по-видимому, карбонатного материала с очень неровной поверхностью; возможно, это биотурбированные горизонты. Восточнее, между точками 274 и 275, присутствуют только редкие высыпки черной трухи. Общая мощность разреза в интервале т. 273–т. 275 по графическому построению составляет примерно 70 м. Весь этот интервал условно отнесен нами к низам ордовика. Далее не обнажено 10–15 м разреза, и в 60 метрах к востоку от точки 275 вновь

начинается цепочка коренных обнажений серых и черных, часто оржавленных, листоватых аргиллитов с прослоями песчаных алевролитов. В этой толще найдены первые граптолиты, позволяющие уверенно отнести ее к ордовика. Здесь граптолиты редки и имеют плохую сохранность, их возраст пока определен предположительно как начало флоского века. Выше в этой толще (т. 279 и 281 на рис. 2) найдены *Paratetragraptus approximatus* (Nicholson), *Paratetragraptus acclinans* (Keble), *Eotetragraptus quadribrachiatatus* (Hall), отвечающие зоне *approximatus* флоского яруса (предварительные определения Н.В. Сенникова). Граница систем проведена нами примерно посередине необнаженного интервала берега между точками 272 и 273, а не по первому появлению ордовикской фауны. Такое решение вызвано тем, что “немая” часть черносланцевой толщи, обнаженной между точками 272 и 275, должна включать в себя не только верхи кембрия, но и тремадок.

Расчет мощностей кембрийского разреза

Сланцево-песчаниковая толща. Нижняя часть толщи (между точками 156 и 159 на рис. 2) детально изучена и промерена рейкой на обнажении. Ее мощность 49 м. Для верхней части толщи составлена детальная, заснятая с берега

фотопанорама, на которой для масштаба также использовалась двухметровая мерная рейка (ставилась через несколько кадров). Мощность верхней части толщи 1 (от точки 159 до кровли, обнажающейся в 40 м к востоку от т. 161) рассчитана по этой фотопанораме с прорисованными пластами и составила 46 м. Однако такая оценка является несколько заниженной: панорама снималась с уровня пляжа снизу вверх (нижняя часть обрыва почти на всем его протяжении закрыта снежниками и осыпями), при этом неизбежны искажения. При подсчете мощностей нижней толщи кембрия путем геометрических построений на основе замеренных элементов залегания получилась следующая картина. Нижняя часть толщи (от т. 156 до т. 159) имеет мощность 49.5 м, верхняя — 51.4 м. Такой результат вполне согласуется с приведенной выше оценкой. В итоге, с некоторой долей условности, принимаем мощность первой толщи кембрия равной 100 м (по 50 м на ее нижнюю и верхнюю части).

Глинистая толща. Мощность этой толщи рассчитана геометрически и составила около 160 м.

Пестроцветная толща. При определении ее мощности мы руководствовались следующими соображениями. (а) Мощность той части толщи, что обнажена в Зеленой долине (от подошвы), составляет около 110 м (рассчитана графически, усредненный угол падения принят в 11° ; рис. 4). (б) На склонах Зеленой долины переходные к черносланцевой толще горизонты не обнажены, наблюдаются только нормальные пестрые породы. (в) В береговом обнажении вскрыто 33.15 м разреза (промерено рейкой), причем верхние 18.6 м из них составляют переходные слои, а типичные для третьей толщи породы слагают только 14.55 м. (г) При графическом построении получается, что 20–35 м разреза, обнаженного в клифе западнее точки 149, должно быть видно в выходах Зеленой долины. Однако, учитывая, что в береговом обнажении вскрыто менее 15 м пестрых пород, а выше залегают переходные горизонты, считаем, что перекрытие не превышает 15 м. Таким образом, общая мощность третьей толщи кембрия равна 110 м + 18.6 м (мощность пестрых пород в Зеленой долине + мощность переходных горизонтов), то есть примерно 130 м. Возможно, эта оценка несколько занижена, так как трудно допустить, что в Зеленой долине толща обнажена на полную мощность и при этом не вскрыт хотя бы небольшой фрагмент разреза переходных горизонтов.

Черносланцевая толща. Видимая мощность этой толщи в западном обнажении (между точками 150 и 153 на рис. 2, с учетом высоты обрыва) по графическому построению составляет 90–100 м (из них нижние 52 м промерены рей-

кой). В восточном обнажении мощность четвертой толщи от точки 271 до кровли (см. выше; рис. 2, усредненный угол падения принят в 11°), рассчитанная путем графического построения, составляет 95 м. Но на этом участке не вскрыта подошва толщи. Таким образом, считаем, что общая мощность черносланцевой части разреза кембрия не менее 100 м.

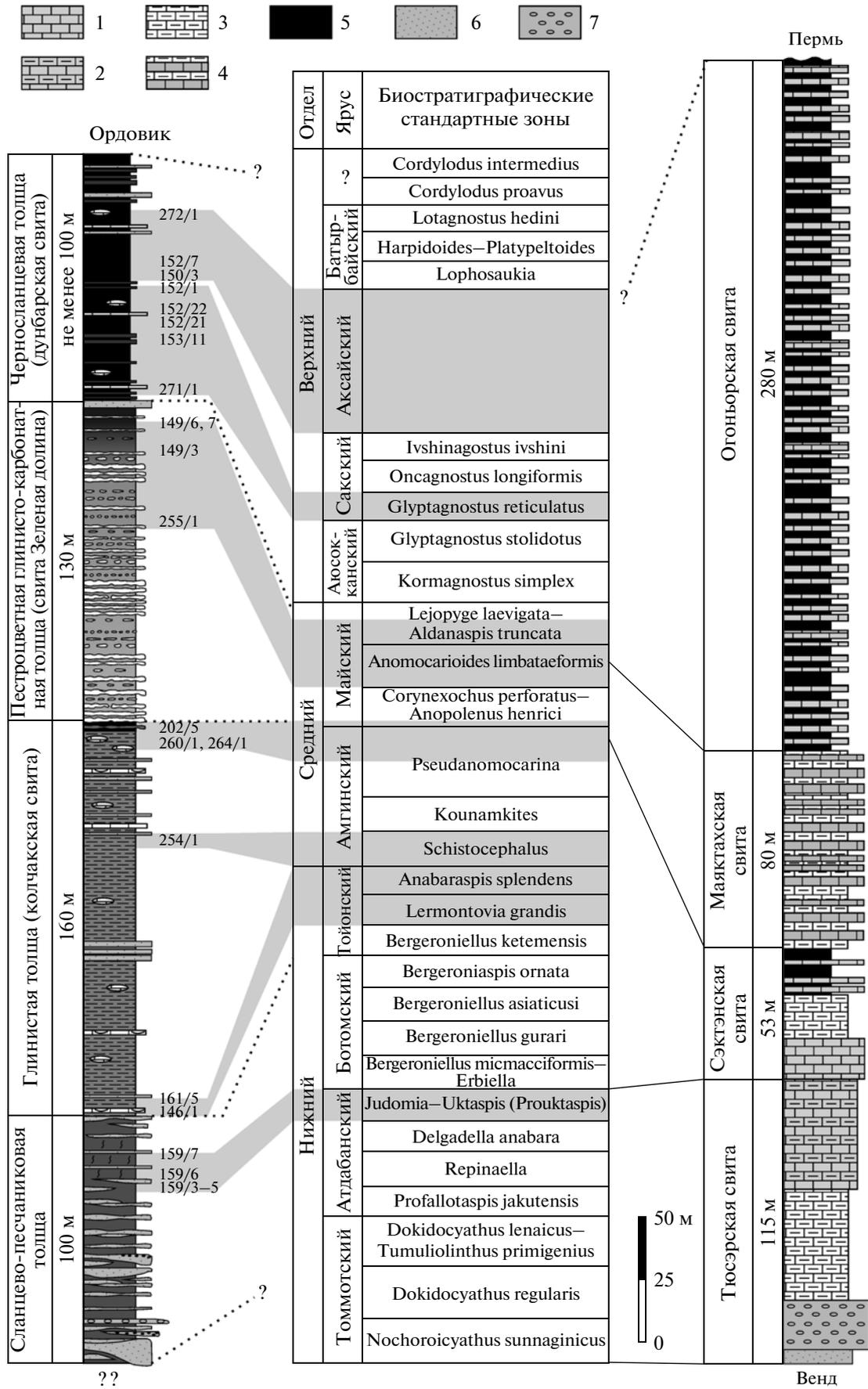
Исходя из приведенных данных, общая мощность кембрия на острове Беннетта составляет не менее 490 м.

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА

Многочисленные находки трилобитов (рис. 3, 14) показывают, что кембрийский разрез на острове Беннетта представлен всеми тремя отделами: нижним, средним и верхним. Ранее были известны находки только среднекембрийских трилобитов (Holm, Westergaard, 1930; Вольнов, Сороков, 1961). Привязка образцов к разрезу дана на рис. 3, к местности — на рис. 2 и 4 (расположение точек наблюдения примерно соответствует местам находок образцов с соответствующими номерами, кроме специально оговоренных случаев).

Комплексы трилобитов нижнего кембрия

Трилобиты нижнего кембрия определены из верхней части первой (сланцево-песчаниковой) толщи кембрийского разреза (обр. 159/3–159/7 на рис. 3 и 5). Здесь встречены представители рода *Judomia* (обр. 159/3–159/5, 159/7; интервал берега в 100–200 м к западу от т. 159, рис. 2; табл. I, фиг. 1, 2). Это относительно крупные трилобиты (до 10 см и более), обитавшие в Сибирском палеобассейне в раннем кембрии в конце атдабанского века. Представители данного рода характеризуются многосегментным тораком (15–17 сегментов), маленьким пигидием, отсутствием лицевых швов, субцилиндрической глабелью, достаточно узкими неподвижными щеками. Из отложений кембрия Сибирской платформы на сегодняшний день известны девять видов рода *Judomia*. Встреченный вид наиболее близок по морфологическим признакам к *Judomia tera Lazarenko*, 1960, но отличается от него несколько более широким цефалоном и более широкими неподвижными щеками. Вероятно, это новый представитель данного рода. Кроме этих трилобитов здесь встречены трилобиты *Delgadella* sp. Плохая сохранность не позволяет определить находку до вида, но родовая принадлежность не вызывает сомнений. Трилобиты рода *Delgadella* существовали в Сибирском палеобассейне в раннем кембрии начиная с середины атдабанского века. Также встречены трилобиты, принадлежащие отряду *Redlichiiida* с лицевыми швами (обр. 159/7). Кроме вышеперечис-



численных трилобитов присутствуют также фаллотаспидные трилобиты, близкие к роду *Fallotaspidella* (обр. 159/3; табл. I, фиг. 3). Кроме трилобитов в этой части разреза встречены брахиоподы *Obolella* sp. Находки брахиопод этого рода известны на Сибирской платформе начиная с низов атдабанского яруса и до низов среднего кембрия. Таким образом, благодаря находкам трилобитов верхнюю часть сланцево-песчанковой толщи можно соотносить с верхами атдабанского яруса (региональная зона *Judomia-Uktaspis* (*Prouktaspis*)).

Глинистая толща в своей самой нижней части также содержит остатки трилобитов раннекембрийского возраста. Здесь в двух точках встречены трилобиты *Lermontovia grandis* (*Lermontovia*, 1951) (табл. I, фиг. 4, 5), *Neopagetina* sp. (обр. 146/1) и *Anabaraspis splendens* *Lermontovia*, 1951 (табл. I, фиг. 6), *Paramicmassa submissa* *Repina*, 1972, неопределимые остатки трилобитов семейства *Protolenidae* (табл. I, фиг. 7) (обр. 161/5). Образцы 161/5 отобраны вблизи точки 161 (рис. 2, 3), примерно в пяти метрах выше подошвы глинистой толщи. Образцы 146/1 найдены в другом крыле антиклинали к востоку от главного ледника Зееберга (точка 154 на рис. 2) и происходят из прослоя органогенно-обломочного известняка, по-видимому принадлежащего самому основанию толщи. Перечисленные трилобиты существовали в Сибирском палеобассейне в тойонском веке раннего кембрия. В современном разрезе они характеризуют региональные зоны *Lermontovia grandis* и *Anabaraspis splendens* тойонского яруса.

Комплексы трилобитов нижнего кембрия, встреченные в разрезе, содержат в основном таксоны, которые существовали в раннем кембрии только в пределах Сибирского палеобассейна. Это представители родов *Judomia*, *Lermontovia*, *Paramicmassa*, *Anabaraspis*. Такие трилобиты не встречаются в нижнем кембрии других регионов. Можно с большой долей уверенности предполагать, что в раннем кембрии территория острова Беннетта входила в состав Сибирского палеобассейна.

Комплексы трилобитов среднего кембрия

Трилобиты среднего кембрия определены из верхней части второй, глинистой, толщи

(обр. 254/1, 264/1, 202/5, 260/1). Образцы 254/1 найдены примерно в 50 м ниже кровли толщи в восточной части Зеленой долины, образцы 260/1 и 202/5 — соответственно в 10 и 3 м ниже кровли (рис. 3, 4). Образцы 264/1 происходят из другой части острова, из локального обнажения самых верхов глинистой толщи кембрия вблизи малого ледника Зееберга (точка 264 на рис. 2). Здесь обнаружены многочисленные и разнообразные трилобиты рода *Paradoxides* (табл. II, фиг. 1–4). Кроме них встречены трилобиты *Stenocephalus probus* *N. Tchernysheva*, 1953 (табл. II, фиг. 7), *Solenopleura* sp. (табл. II, фиг. 8), *Peronopsis* aff. *fallax* (*Linnarsson*, 1869), *Acadognostus acadicus* *Hart*, 1868 (табл. II, фиг. 6), *Pentagnostus praescurens* (*Westergard*, 1936) (табл. II, фиг. 5), *Pseudanomorcarina horrida* *N. Tchernisheva*, 1961 (табл. II, фиг. 9) и др. Эти трилобиты характерны для верхов амгинского яруса и низов майского яруса Сибирской платформы. Редкие находки *Paradoxides pinus?* (*Westergard*, 1936) (обр. 254/1; табл. II, фиг. 1, 2) могут указывать на низы амгинского яруса. Эти трилобиты характерны для первой зоны амгинского яруса (зона *Schistoccephalus*).

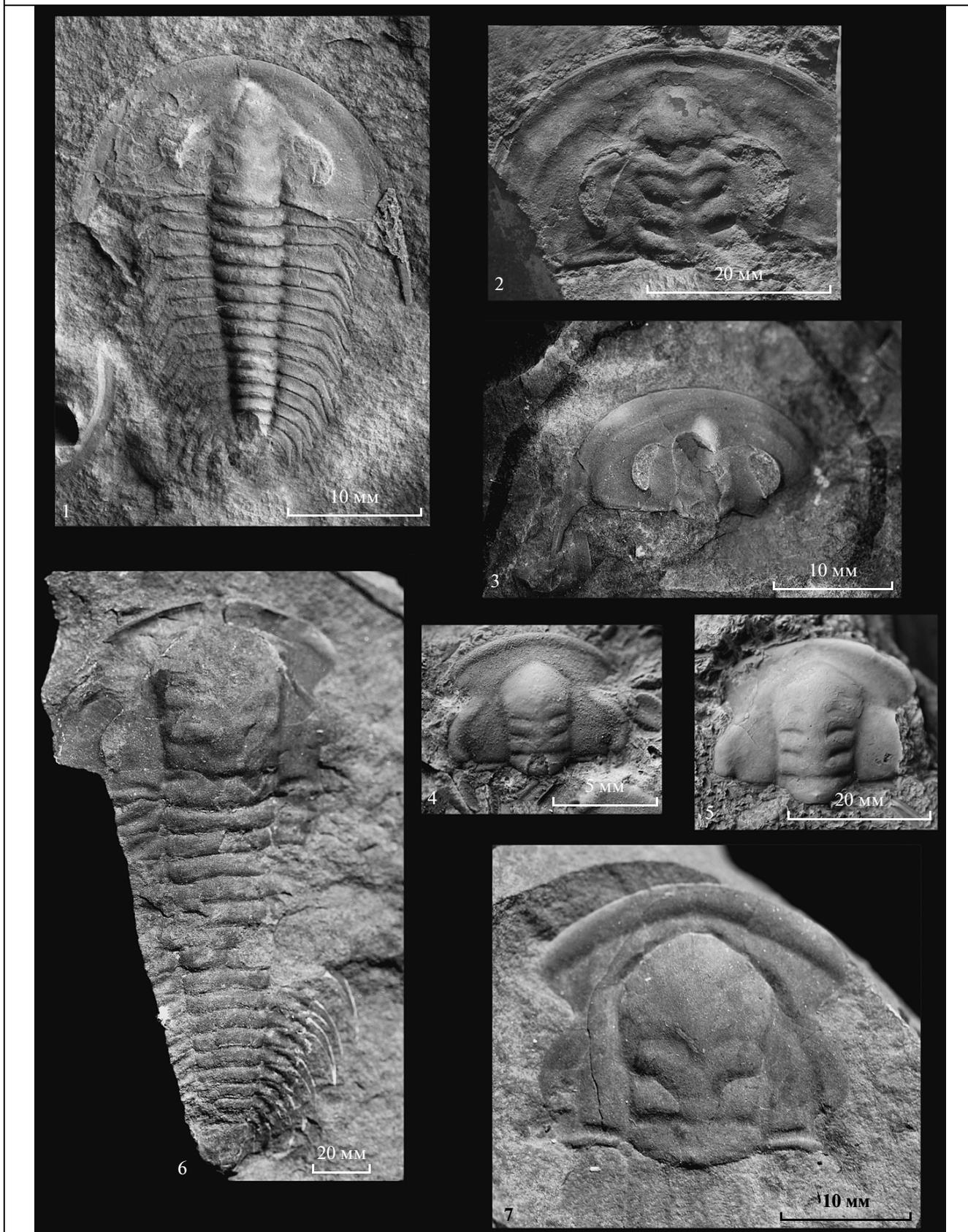
Трилобиты среднего кембрия встречены также в верхней части третьей, глинисто-карбонатной, толщи кембрийского разреза (обр. 255/1, 149/3, 149/7, 149/6). Образцы 149/3, 149/6 и 149/7 найдены в береговом обнажении между точками 153 и 149 (рис. 2, 3, 11) в 20, 11 и 9 м ниже кровли толщи соответственно. Образцы 255/1, отобранные в Зеленой долине (близ точки 255 на рис. 4), относятся к более низким горизонтам разреза — примерно 50–60 м ниже кровли второй толщи. Здесь встречены многочисленные *Agraulos* cf. *acuminatus* (*Angelin*, 1851), *Ciceragnostus citea* (*Tullberg*, 1880), *Pseudophalacroma crebra* *Pokrovskaya*, 1958 (табл. II, фиг. 13), *Solenopleura lecta* *Egorova*, 1982 (табл. II, фиг. 10), *Anomorcarina siberica* (*Holm et Westergard*, 1930) (табл. II, фиг. 11), *Dolichagnostus admirabilis* *Pokrovskaya*, 1958, *Anomocare excavatum* (*Angelin*, 1851) (табл. II, фиг. 14), *Anomorcarina splendens* *Lermontovia*, 1940 (табл. II, фиг. 12, 15), *Clavagnostus repandus* (*Westergard*, 1930), *Linguagnostus sibiricus* *Pokrovskaya et Pegel*, 1982, *Pseudagnostus* sp., *Corynexochus* cf. *perforatus* *Lermontovia*, 1940, *Anomocarioides limbataeformis* *Lermontovia*,

Рис. 14. Корреляция разрезов кембрия о. Беннетта (слева) и Хараулахских гор (западное крыло Чекуровской антиклинали, справа).

Светло-серым цветом показана приуроченность найденных на о. Беннетта трилобитов к биостратиграфическим зонам. Стратиграфическая схема приведена по (Постановления..., 2008). Зональное расчленение аксайского яруса не дано, так как положение аксайских трилобитов с о. Беннетта не определено до зон. Условные обозначения для разреза о. Беннетта см. на рис. 3. Стратиграфическая колонка кембрия Хараулахского разреза построена по (Коровников, Новожилова, 2012), с дополнениями; пластовая интрузия в тюсэрской свите не показана. Привязка границ свит к стратиграфической шкале обозначена сплошными линиями (установленная) или точечным пунктиром (предполагаемая).

1 — известняки; 2 — известняки в разной степени глинистые; 3 — пестроцветные глинистые известняки; 4 — переслаивание розовых глинистых известняков и зеленовато-серых известняков; 5 — черные сланцы, аргиллиты; 6 — песчаники; 7 — конгломераты с галькой гранит-порфи́ров.

Таблица I



1940, *Peronopsis* sp. и др. Эти трилобиты характеризуют две верхние зоны майского яруса среднего кембрия: *Anomocarioides limbataeformis* и, возможно, *Lejopyge laevigata*—*Aldanaspis truncata*.

Комплексы трилобитов среднего кембрия, встреченные на острове Беннетта, включают в свой состав в основном таксоны, которые обитали в пределах Сибирского палеобассейна и не характерны для других регионов. Это *Stenocephalus probus*? N. Tchernysheva, 1953, *Pseudophalacroma crebra* Pokrovskaya, 1958, *Pseudanomocarina horrida* N. Tchernysheva, 1961, *Agraulos* cf. *acuminatus* (Angelin, 1851), *Phalacroma maja* Pokrovskaya, 1958, *Solenopleura lecta* Egorova, 1982, *Anomocarina siberica* (Holm et Westergard, 1930), *Dolichagnostus admirabilis* Pokrovskaya, 1958, *Anomocarina splendens* Lermontova, 1940, *Phalacroma* sp., *Linguagnostus sibiricus* Pokrovskaya et Pegel, 1982, *Corynexochus* cf. *perforatus* Lermontova, 1940, *Anomocarioides limbataeformis* Lermontova, 1940 и др. Есть в комплексе среднекембрийских трилобитов и формы, которые имели довольно широкое распространение. Кроме Сибирской платформы находки *Peronopsis* aff. *fallax* (Linnarsson, 1869), *Cicagnostus citea* (Tullberg, 1880) и некоторых других трилобитов известны в разных регионах. Однако обилие эндемичных сибирских видов указывает на то, что накопление среднекембрийских осадков острова Беннетта происходило в Сибирском палеобассейне.

Комплексы трилобитов верхнего кембрия

Трилобиты верхнего отдела встречены в четвертой, черносланцевой, толще кембрийского разреза. Из нижней половины разреза происходят образцы 271/1, 153/11, 152/21, 152/22, 152/1, 152/2 (рис. 3), из них обр. 271/1, по-видимому, относится к самым низам толщи (найден в восточном разрезе, рис. 2), а остальные принадлежат интервалу 25–45 м выше ее подошвы. Здесь встречаются *Gliptagnostus reticulatus* (Angelin, 1851) (табл. I, фиг. 4, 5), *Eugonocare cylindrata*?, *Parabolinites* aff. *rectus* Pokrovskaya, 1966 (табл. III, фиг. 1, 2, 8), *Oidagnostus* sp., *Linguagnostus kjerulfi* (Brogger, 1878) (табл. III, фиг. 10, 11), *Acrocephalella granulosa* Rosova, 1963, *Homagnostus* sp., *Agnostus pisiiformis* (Wahlenberg, 1818) (табл. III, фиг. 12, 13), *Pseudagnostus idalis* Opik, 1967 (табл. III, фиг. 6, 7) и др. Данный комплекс трилобитов указывает на

принадлежность этого интервала разреза к региональной зоне *Gliptagnostus reticulatus* сакского яруса верхнего кембрия. В двух точках отбора из средней части толщи (обр. 152/7, 150/3; взяты примерно в 50–60 м выше подошвы) и в верхней части (обр. 272/1; 25 м ниже кровли, восточное крыло антиклинали, рис. 2, 3) найдены трилобиты *Pseudagnostus idalis* Opik, 1967, *Parabolina angusta* Pokrovskaya, 1966 (табл. III, фиг. 3), *Parabolinites rectus* Pokrovskaya, 1966, *Erivanium sentum* Opik, 1963 (табл. III, фиг. 9), *Euragnostus brevispinus* (Lerm) и др. По многочисленным находкам трилобитов родов *Parabolina* и *Parabolinites* можно утверждать, что данный интервал разреза относится к аксайскому ярусу верхнего кембрия.

Комплексы трилобитов верхнего кембрия, встреченные в разрезе, включают в основном таксоны, которые широко распространены и в других регионах. Трилобиты *Gliptagnostus reticulatus* (Angelin, 1851) имеют всесветное распространение и являются индикатором нижней границы отдела Furongian в новом варианте Международной стратиграфической шкалы. Кроме них, практически все агностидные трилобиты, обнаруженные в черносланцевой толще, имеют широкое распространение, и их находки известны в верхнем кембрии других регионов. Трилобиты родов *Parabolina* и *Parabolinites* также встречаются в аналогичных отложениях других регионов, например в Швеции, Гренландии (Terfelt et al., 2011 и др.). Тем не менее на видовом уровне эти роды представлены сибирскими формами, которые широко распространены на северо-востоке платформы (Покровская, 1966; Кембрий..., 2008б). Таким образом, в позднем кембрии территория острова Беннетта продолжала сохранять тесную связь с Сибирским палеобассейном, по крайней мере с его северо-восточной (в современных координатах) частью (Оленекское поднятие, Хараулахские горы).

КЕМБРИЙ СЕВЕРА СИБИРИ, ТАЙМЫРА И О. БЕННЕТТА: ОБЩИЕ ЧЕРТЫ

Предположив, что кембрийские отложения острова Беннетта принадлежат Сибирскому палеобассейну, мы считаем необходимым привести краткие сведения о строении ближайших выходов кембрия Сибирской платформы, чтобы проиллюстрировать их черты сходства и различия с

Таблица I. Трилобиты нижнего кембрия о. Беннетта

1, 2 — *Judomia* sp.: 1 — спинной щит, обр. 159/3а, нижний кембрий, атдабанский ярус, зона *Judomia*, верхняя часть нижней песчано-сланцевой толщи кембрийского разреза, 2 — цефалон, обр. 159/7а, там же; 3 — *Fallotaspidea* ? sp., цефалон, обр. 159/3в, там же; 4, 5 — *Lermontovia grandis* (Lermontova, 1951): 4 — кранидий, обр. 146/1а, нижний кембрий, тойонский ярус, зона *Lermontovia grandis*, нижняя часть второй, глинистой, толщи кембрийского разреза, 5 — кранидий, обр. 146/1в, там же; 6 — *Anabaraspis splendens* Lermontova, 1951, спинной щит, обр. 161/5а, нижний кембрий, тойонский ярус, зона *Anabaraspis splendens*, нижняя часть второй, глинистой, толщи кембрийского разреза; 7 — *Protolenidae* gen. et sp. indet., там же.

описанной выше последовательностью. Один из наиболее полных и хорошо изученных разрезов пород этого возраста располагается на правобережье приустьевой части р. Лена в Хараулахском хребте. Кроме того, мы приводим краткий обзор кембрийских отложений Таймыра, так как предполагаем, что в общей структурной зональности шельфа участок, включающий о. Беннетта, соответствует Центрально-Таймырской зоне (Кузьмичев, Данукалова, в печати). Так же как и в работах (Богданов и др., 1998; Верниковский, 1996), мы считаем, что в кембрии эта зона уже являлась частью Сибирской платформы, и не разделяем мнения о том, что она соединилась с Сибирью только в меловое время (Зоненшайн и др., 1990).

Корреляция с разрезом Хараулахских гор

Ближайший к острову Беннетта кембрийский разрез расположен в нижнем течении р. Лена в западной части Хараулахских гор (хребет Туора-Сис). Он представлен тюсэрской (нижний кембрий), сэктэнской (верхняя часть нижнего кембрия и низы среднего кембрия), маяктахской (средний кембрий) и огоньорской свитами (верхи среднего кембрия и верхний кембрий) (Виноградов, 1962; Кембрий..., 1992). Куонамская свита, которая выделяется между сэктэнской и маяктахской свитами (Коровников, Новожилова, 2012), ранее была включена в сэктэнскую свиту. Выделенные на о. Беннетта четыре толщи кембрия по стратиграфическому положению соответствуют указанным выше свитам Хараулахского разреза, что подтверждается находками трилобитов (рис. 14).

Так, самая нижняя сланцево-песчаниковая толща на острове Беннетта в верхней части охарактеризована находками трилобитов позднеатдабанского возраста. В нижнем течении р. Лена верхняя часть тюсэрской свиты также содержит комплекс трилобитов зоны *Judomia–Uktaspis* (*Prouktaspis*) атдабанского яруса. Однако по литологическим характеристикам тюсэрская свита и

первая толща о. Беннетта сильно различаются. Тюсэрская свита лишь в нижней части содержит песчаники, гравелиты. В основном она представлена слоистыми, комковатыми, глинистыми известняками. Мощность первой толщи 100 м, тюсэрской свиты – 115 м (без учета пластовой интрузии между нижней и средней подсвитами).

Вторая, глинистая, толща кембрийского разреза на острове Беннетта соответствует сэктэнской свите (в ее прежнем понимании, включая куонамскую свиту). Эта толща в основании содержит комплексы трилобитов верхов нижнего кембрия, в верхней части – комплексы трилобитов амгинского яруса и низов майского яруса среднего кембрия. Аналогичные возрастные комплексы трилобитов характерны для сэктэнской свиты. Бóльшая часть сэктэнской свиты сложена глинистыми известняками, в основании – массивными известняками. Верхняя часть представлена черными битуминозными сланцами и известняками. Именно эту сланцевую часть Хараулахского разреза предложено выделять в куонамскую свиту (Коровников, Новожилова, 2012). В более южных районах восточной части Сибирской платформы (реки Молодо, Некекит и др.) стратиграфический интервал распространения куонамской свиты шире: там она является возрастным аналогом сэктэнской (в старом понимании) свиты низовьев р. Лена. Во второй кембрийской толще острова Беннетта преобладают листоватые аргиллиты, известняки присутствуют только в виде редких прослоев; вблизи кровли залегает несколько метров черных сланцев. Такое строение сближает ее больше с куонамской свитой, развитой южнее Оленекского поднятия, чем с сэктэнской свитой более северных районов. Мощность второй толщи 160 м, сэктэнской свиты – 53 м.

Третья, пестроцветная, толща из разреза кембрия на острове Беннетта представлена переслаиванием серо-зеленых аргиллитов-алевролитов и розовых комковатых известняков. Непосредственно под подошвой толщи (см. выше) встречены трилобиты, характерные для верхов амгинского яруса–низов майского яруса среднего кем-

Таблица II. Трилобиты среднего кембрия о. Беннетта

1, 2 – *Paradoxides pinus?* (Westergard, 1936): 1 – кранидий, обр. 254/1а, средний кембрий, амгинский ярус, зона *Ovatogustocara*, верхняя часть второй, глинистой, толщи кембрийского разреза, 2 – кранидий, обр. 254/1в, там же; 3, 4 – *Paradoxides sacheri* Bagrande, 1852: 3 – кранидий, обр. 264/1а, средний кембрий, амгинский ярус, зона *Tomagnostus fissus* – *Paradoxides sacheri*, майский ярус (низы), верхняя часть второй, глинистой, толщи кембрийского разреза, 4 – кранидий, обр. 260/1а, там же; 5 – *Pentagnostus praecurrens* (Westergard, 1936), пигидий, обр. 264/1в, там же; 6 – *Acadognostus acadicus* Hart, 1868, цефалон, обр. 202/5а, средний кембрий, амгинский ярус, зона *Tomagnostus fissus* – *Paradoxides sacheri*, майский ярус (низы), верхняя часть второй, глинистой, толщи кембрийского разреза; 7 – *Stenocephalus probus* N. Tchernysheva, 1953, кранидии, обр. 202/5б, там же; 8 – *Solenopleura* sp., кранидий, обр. 202/5в, там же; 9 – *Pseudanomotocarina horrida* N. Tchernysheva, 1961, кранидий, обр. 202/5д, там же; 10 – *Solenopleura lecta* Egorova, 1982, кранидий, обр. 255/1а, средний кембрий, майский ярус (верхи), верхняя часть третьей, глинисто-карбонатной, толщи кембрийского разреза; 11 – *Anomotocarina siberica* (Holm et Westergard, 1930), пигидий, обр. 255/1в, там же; 12, 15 – *Anomotocarina splendens* Lermontova, 1940: 12 – кранидий, обр. 149/7а, средний кембрий, майский ярус (верхи), верхняя часть третьей, глинисто-карбонатной, толщи кембрийского разреза, 15 – пигидий, обр. 149/7в, там же; 13 – *Pseudophalacrota crebra* Pokrovskaya, 1958, спинной щит, обр. 149/7с, там же; 14 – *Anomotocarina excavatum* (Angelin, 1851), пигидий, 149/7д, там же.

Таблица II

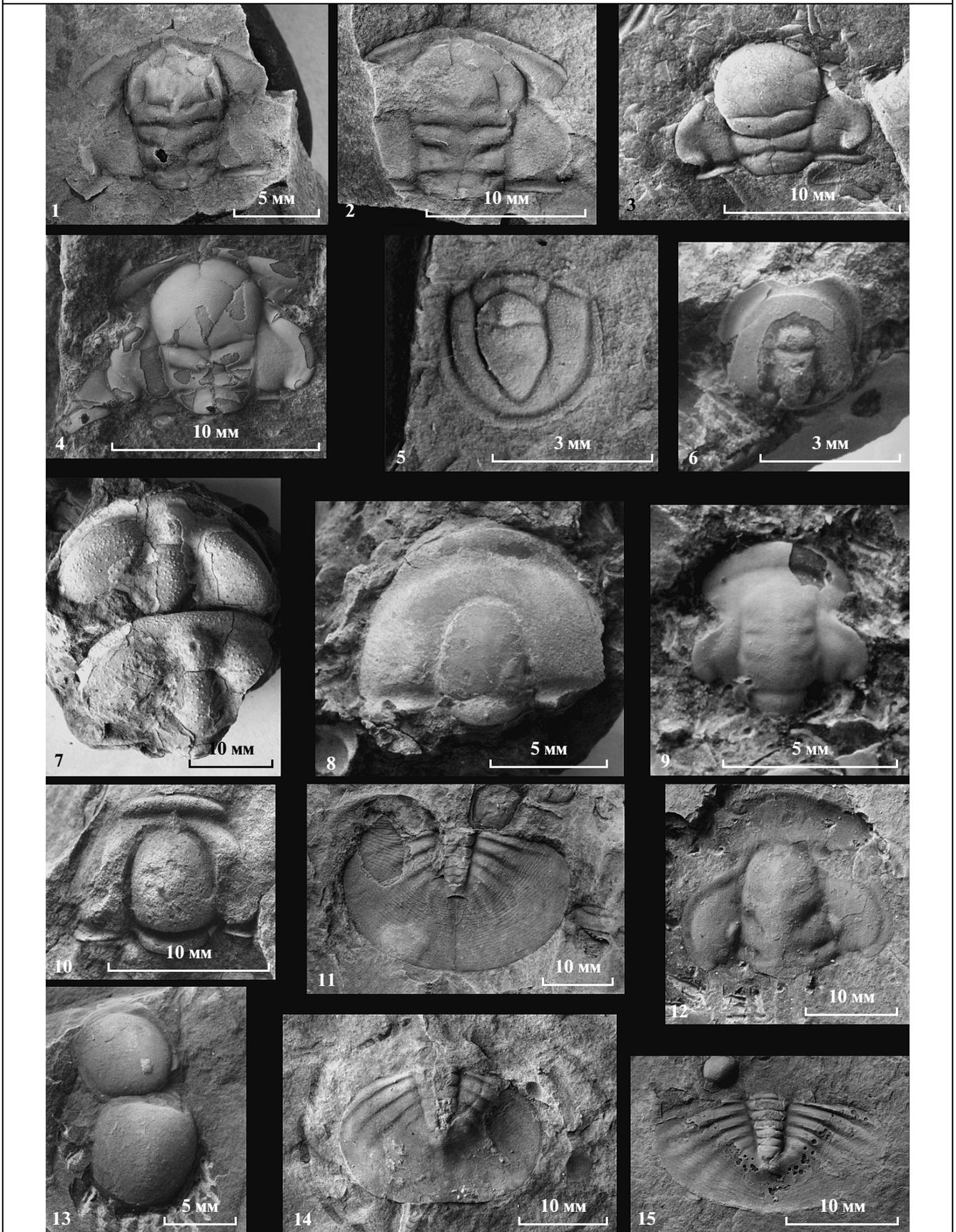
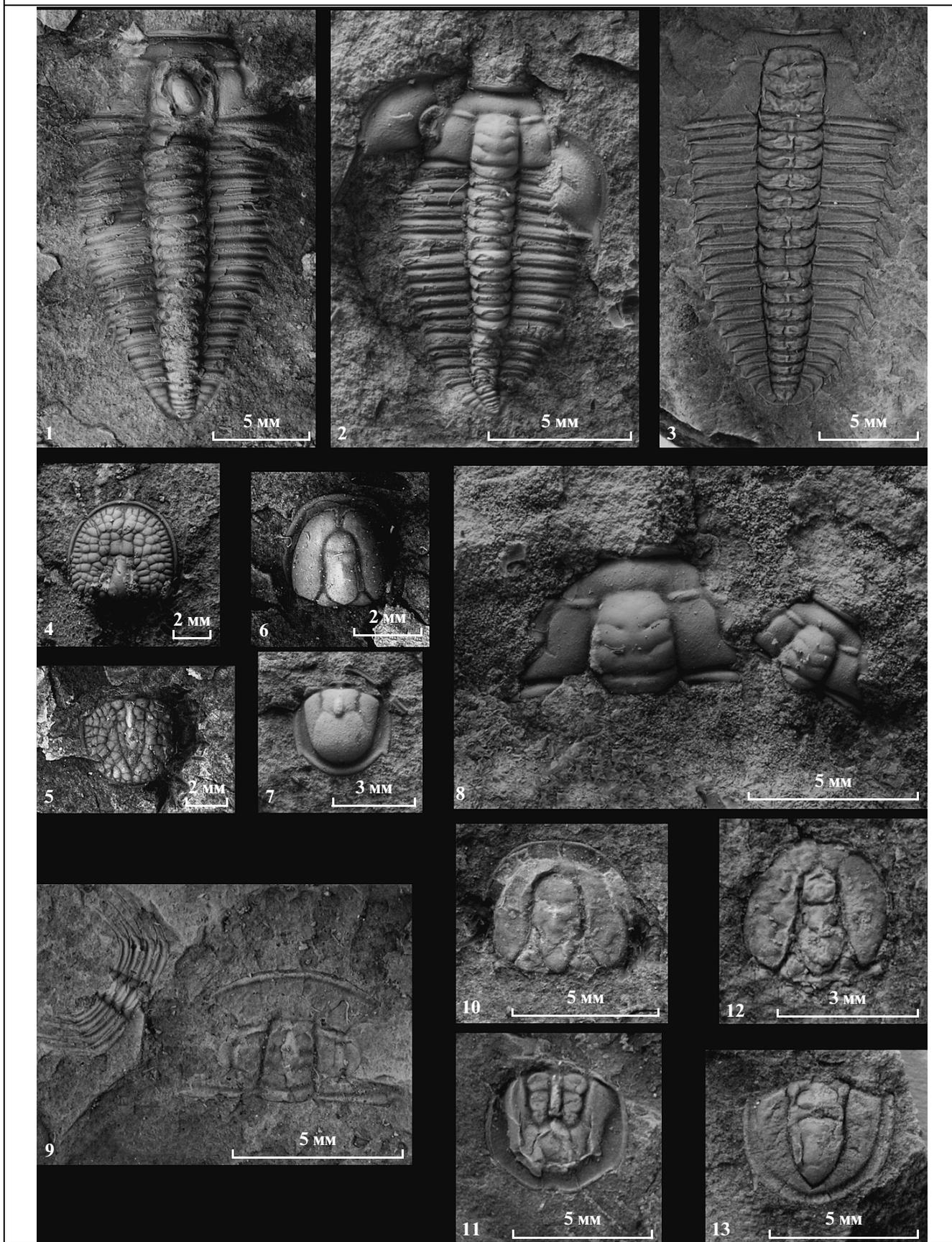


Таблица III



брия. В верхней части разреза найден комплекс трилобитов, отвечающий верхам майского яруса. Аналогичное стратиграфическое распространение имеет маяктахская свита, развитая в районе Хараулахских гор. Свита представляет собой ритмичное переслаивание розовых и зеленовато-серых глинистых известняков. Мощность третьей кембрийской толщи 130 м, маяктахской свиты — около 80 м.

Четвертая, черносланцевая, толща о. Беннетта в нижней половине разреза содержит комплекс трилобитов, отвечающий низам сакского яруса верхнего кембрия. Выше встречены трилобиты аксайского яруса верхнего кембрия. Этот возраст интервал в нижнем течении р. Лена занимает огоньорская свита, представленная ритмичным чередованием темно-серых известняков и темно-серых до черных листоватых аргиллитов. Выше с перерывом залегают пермские отложения. Мощность четвертой толщи не менее 100 м, огоньорской свиты — 280 м.

Кембрийские отложения Таймыра

На Таймыре выходы кембрийских отложений протягиваются узкой полосой в северной части полуострова на большом протяжении. В целом они изучены гораздо менее подробно, чем в низовьях Лены. По данным Р.Ф. Соболевской и Н.П. Лазаренко (1965), в наиболее восточных выходах, максимально приближенных к о. Беннетта (бассейн р. Ленинградская), они представлены следующими породами.

Н и ж н и й к е м б р и й (не менее 195 м). Разнообразные светлые известняки, в основании — карбонатные конгломераты (10 м). Эта часть разреза отнесена к алданскому ярусу (современные томтотский и атдабанский ярусы), ее мощность оценена в 180 м. Вышележащие горизонты не обнажены, на границе нижнего и среднего кембрия залегают черные сланцы и темно-серые известняки (15 м).

С р е д н и й к е м б р и й (350 м?). Темно-серые тонкослоистые известняки, выше переслаивание темно-серых известняков и сланцев (вероятно,

амгинский ярус). Более высокие горизонты разреза (майский ярус) представлены зеленовато- и желтовато-серыми известняками (характерна пологая волнистая слоистость и неровные “бугорчатые” границы), перекрытыми органогенными известняками с прослоями глинистых известняков; в кровле пачка переслаивания темно-серых до черных сланцев и известняков с вкраплениями пирита, известняки имеют “четковидную” форму (мощность пачки более 11 м).

В е р х н и й к е м б р и й (не менее 300 м). Черные сланцы с прослоями и конкрециевидными горизонтами темно-серого известняка, обогащенного пиритом. В разрезе присутствуют пачки известняков мощностью 10–20 м. Некоторые разновидности органогенные.

К юго-западу от этого разреза (бассейн р. Траутфеттер; Соболевская, Лазаренко, 1965) верхнекембрийские породы, вероятно, могут быть интерпретированы как карбонатные турбидиты. Они описаны как переслаивание известняков и сланцев, наблюдаются “следы струйчатости, оползания осадка, знаки ряби”, горизонтальная и косая слоистость. В западной части Центрального Таймыра в составе верхнего кембрия преобладают известняки, черные сланцы присутствуют только в виде тонких прослоев в его верхах. Этот разрез отличается от предыдущих разрезов строением среднего отдела кембрия: он начинается с пачки (до 80 м) грязно-зеленых аргиллитов, вверху с прослоями доломитов; остальная часть отдела (150–200 м) сложена серыми волнисто-слоистыми глинистыми известняками с тонкими прослоями зеленоватых аргиллитов, в средней части — многочисленные трилобиты середины майского яруса.

По доминирующему карбонатному составу кембрийские отложения Таймыра близки к разновозрастным породам Сибирской платформы. Однако некоторые литологические особенности первых скорее напоминают разрез кембрия о. Беннетта (см. ниже). В отношении фаунистических комплексов Р.Ф. Соболевская и Н.П. Лазаренко заключают: “Большое сходство не только родового, но и видового состава фауны (главным

←
Таблица III. Трилобиты верхнего кембрия о. Беннетта

1, 2, 8 — *Parabolinites aff. rectus* Pokrovskaya, 1966: 1 — спинной щит, обр. 271/1а, верхний кембрий, сакский ярус, зона *Gliptagnostus reticulatus*, нижняя часть четвертой черносланцевой толщи, 2 — спинной щит, обр. 271/1в, там же, 8 — два кранидия, обр. 271/1с, там же; 3 — *Parabolina angusta* Pokrovskaya, 1966, спинной щит, обр. 152/7а, верхний кембрий, аксайский ярус, нижняя треть четвертой черносланцевой толщи; 4, 5 — *Gliptagnostus reticulatus* (Angelin, 1851): 4 — кранидий, обр. 271/1д, верхний кембрий, сакский ярус, зона *Gliptagnostus reticulatus*, нижняя часть четвертой черносланцевой толщи, 5 — пигидий, обр. 271/1е, там же; 6, 7 — *Pseudagnostus idalis* Opik, 1967: 6 — кранидий, обр. 271/1ф, верхний кембрий, сакский ярус, зона *Gliptagnostus reticulatus*, нижняя часть четвертой черносланцевой толщи, 7 — пигидий, обр. 271/1г, там же; 9 — *Erixanium sentum* Opik, 1963, кранидий, обр. 152/7в, верхний кембрий, аксайский ярус, нижняя треть четвертой черносланцевой толщи; 10, 11 — *Linguagnostus kjerulfi* (Brogger, 1878): 10 — кранидий, обр. 153/11а, верхний кембрий, сакский ярус, зона *Gliptagnostus reticulatus*, нижняя часть четвертой черносланцевой толщи, 11 — пигидий, обр. 153/11в, там же; 12, 13 — *Agnostus pisiformis* (Wahlenberg, 1818): 12 — кранидий, обр. 153/11с, там же, 13 — пигидий, обр. 153/11ф, там же.

образом трилобитов и колпачковых гастропод) из кембрийских отложений Таймыра и северо-востока Сибирской платформы указывает на идентичность условий формирования осадков кембрия этих регионов и несомненную связь их морских бассейнов” (Соболевская, Лазаренко, 1965, с. 56). Для раннего кембрия они предполагают существование единого морского бассейна на этих территориях (Соболевская, Лазаренко, 1965).

Сходные признаки в трех регионах

Наиболее яркие черты сходства описанных разрезов выражены в комплексах фауны, обсуждавшихся выше. Кроме того, наблюдается также и литологическое сходство пород некоторых уровней разреза. Так, кратковременный эпизод накопления черных углеродистых сланцев, содержащих горизонты комковатых известняков, в кровле второй толщи о. Беннетта находит аналогию в Хараулахе, где выражен более явно. Здесь этому уровню соответствует переслаивание черных сланцев и черных известняков куонамской свиты. Такая же по составу пачка описана в одно-возрастных отложениях на востоке Центральной зоны Таймыра. Наиболее очевидная общая черта всех трех разрезов – пестроцветная карбонатно-глинистая толща майского яруса. На о. Беннетта она сложена зелеными аргиллитами и розовыми комковатыми известняками, на северо-востоке Сибирской платформы – переслаиванием розовых и зеленовато-серых глинистых известняков, на востоке Таймыра – пестроцветными волнисто-слоистыми, выше органогенными известняками, на западе Таймыра – доломитами и волнисто-слоистыми известняками с прослоями зеленоватых аргиллитов. Третий сходный уровень – черные сланцы в верхах разреза (верхи среднего кембрия–верхний кембрий). В разрезе о. Беннетта сланцы доминируют, известняки встречаются в виде редких тонких прослоев и конкреций; на Восточном Таймыре этот интервал представлен сланцами с прослоями и пачками известняков; в Хараулахских горах – ритмичным переслаиванием темно-серых известняков и черных сланцев.

Однако в целом литологические различия разрезов существенны, что неудивительно, учитывая значительные расстояния между обсуждаемыми регионами. Несмотря на эти различия, границы литологически различимых толщ, выделенных по эмпирическим признакам, в разрезах Хараулаха и о. Беннетта довольно хорошо совпадают (рис. 14). Это совпадение, вероятно, вызвано общими для обоих разрезов климатическими или тектоническими причинами, которые привели к изменению обстановки седиментации и являются дополнительным подтверждением единого для них платформенного бассейна осадконакопления. Такая смена обстановок на Таймыре менее точно привязана к разрезу, но и здесь наблюдаются

сходные уровни. Например, границе первой и второй толщ о. Беннетта приблизительно соответствует переход от известняков к сланцам в верхних горизонтах нижнего кембрия Таймыра. Переход от карбонатной пачки к черным сланцам в верхней части среднего кембрия на Таймыре соответствует границе 3-й и 4-й толщ о. Беннетта.

Следует также отметить, что как на о. Беннетта, так и на Таймыре нижняя часть ордовика представлена теми же породами, что и верхний кембрий; граница систем проводится только на основании смены комплексов фауны. На северо-востоке Сибирской платформы ранее описывалась сходная ситуация (в интервал распространения огоньорской свиты включали верхний кембрий и нижний ордовик; Кембрий..., 1992), однако позднее верхние горизонты свиты были переведены в кембрий (аксайский ярус; Кембрий..., 2008б). Выше в пределах Чекуровской антиклинали с перерывом залегают пермские отложения. Кроме того, если в бассейне р. Траутфеттер на Таймыре (см. выше) верхний кембрий действительно представлен карбонатными турбидитами, это также отчасти подтверждает сходство геологической истории Таймыра и о. Беннетта: в разрезах последнего черные сланцы верхнего кембрия–низов ордовика постепенно переходят в карбонатные турбидиты флоского возраста.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На острове Беннетта вскрыт непрерывный слабодислоцированный разрез кембрийской системы. Большая часть этого разреза обнажена на клифе, и строение слагающих его пород можно изучать с любой степенью детальности. Породы в клифе образуют пологую моноклинали, что чрезвычайно удобно для стратиграфического описания, так как толщи могут быть описаны последовательно слой за слоем. Возрастной диапазон формирования изученного разреза определен по трилобитам и соответствует интервалу атдабанский век раннего кембрия–поздний кембрий. В нижней части видимого разреза трилобиты не найдены. В кровле разреза фауна также не встречена: самые “молодые” из обнаруженных трилобитов жили в аксайском веке. На Сибирской платформе аксайский ярус традиционно считался верхним ярусом кембрийской системы (Решения..., 1983), однако после выделения над ним батыйбайского яруса (Постановления..., 2008) возникли неясности с сопоставлением частных разрезов с Общей стратиграфической шкалой. В любом случае, непрерывный переход к достоверно ордовикским породам позволяет предполагать наличие на острове Беннетта полного разреза верхнего кембрия.

Четыре толщи, выделенные нами в разрезе, представлены различными шельфовыми фациями и связаны друг с другом постепенным перехо-

дом. На протяжении атдабанского и ботомско-го(?) веков (нижняя толща) территория острова Беннетта представляла собой относительно мелководную (не глубже 50 м; Dumas, Arnott, 2006) зону терригенного шельфа, подвергавшегося воздействию штормов. Штормовые волны и течения выносили из прибрежной части бассейна большой объем песчаного материала. О положении предполагаемой суши, служившей его источником, можно судить только по косвенным признакам (см. ниже). 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, в которых сформировалась пестроцветная толща переслаивания аргиллитов и известняков с многочисленными остатками трилобитов на ряде уровней. На границе среднего и позднего кембрия началось углубление бассейна, развитие аноксии, и на протяжении позднего кембрия (и начала ордовика) накопилась мощная толща черных сланцев. Вероятно, это являлось отражением эпохи глобальной трансгрессии, высокой температуры Мирового океана и ровного теплого климата (“global hyperwarming”; Landing, 2011), существовавшей с конца раннего кембрия по началу ордовика. Такие условия вели к сокращению океанической циркуляции, уменьшению растворимости кислорода в морской воде и возникновению полностью или частично аноксидных обстановок на открытых шельфах палеоконтинентов.

Разрез о. Беннетта охарактеризован комплексами трилобитов, среди которых преобладают эндемичные сибирские виды. Он имеет ряд сходных черт с разновозрастным разрезом северо-востока Сибирской платформы, расположенным в Хараулахских горах. В обоих районах кембрий подразделяется на четыре литолого-стратиграфических толщи, имеющие близкие возрастные интервалы распространения. 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. Такой вывод заставляет существенно сместить границу Сибирской платформы к северо-востоку и позволяет предполагать, что значительная часть шельфа моря Лаптевых под-

стиляется в разной степени деформированными комплексами ее чехла (Кузьмичев, Данукалова, в печати). Кембрийские отложения Таймыра, по видимому, формировались в той же части Сибирского палеобассейна, что и породы о. Беннетта.

Принято считать, что в начале палеозоя Сибирский континент находился в южном полушарии близко к экватору, в перевернутом относительно современного положении, и был почти полностью покрыт мелководным морем (например, Cocks, Torsvik, 2007). В современных западной, южной и центральной частях платформы накапливались преимущественно карбонатные породы и эвапориты, в восточной и северо-восточной частях — нормально-морские глинисто-карбонатные отложения (Кембрий..., 1992, 2008а; Мельников и др., 1989). Песчаники распространены только в разрезах юго-западной части платформы, не считая базальных горизонтов некоторых других разрезов (Кембрий..., 1992). Обломочный материал, предположительно, поступал с юго-запада (в современных координатах) со стороны Алтае-Саянской области (Cocks, Torsvik, 2007). По-видимому, сходная обстановка сформировалась в кембрии и на противоположной окраине Сибирской платформы: северо-восточнее о. Беннетта, вероятно, также располагалась суша, поставлявшая кластику в шельфовый бассейн. На положение предполагаемой суши указывает ориентировка седиментационных текстур в ордовикских отложениях о. Беннетта и сходное распределение возрастов детритовых цирконов в кембрийских и ордовикских песчаниках (неопубликованные данные авторов).

Благодарности. Авторы признательны В.А. Захарову, В.Г. Ганелину и К.Л. Паку за тщательный анализ работы и ценные замечания.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты №№ 13-05-01107, 13-05-00334 и 14-05-31042), программы “Происхождение жизни и становление биосферы” (проект 28.1), проекта НИР 23.4 (Стратиграфия Фанерозоя арктических территорий и акваторий России как основа для проектирования и проведения геологоразведочных работ в Северном Ледовитом океане) и при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 8321.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богданов Н.А. Тектоника Арктического океана // Геотектоника. 2004. № 3. С. 13–30.
- Богданов Н.А., Хаин В.Е., Розен О.М. и др. Объяснительная записка к Тектонической карте морей Карского и Лаптевых и севера Сибири. М.: Ин-т литосферы окраинных и внутренних морей РАН, 1998. 127 с.
- Верниковский В.А. Геодинамическая эволюция Таймырской складчатой области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1996. 202 с.

- Виноградов В.А.* Стратиграфия синийских и кембрийских отложений северного Хараулаха // Сборник статей по палеонтологии и биостратиграфии. Вып. 28. Л.: НИИГА, 1962. С. 5–23.
- Вольнов Д.А., Сороков Д.С.* Геологическое строение о. Беннетта // Сборник статей по геологии и нефтегазоносности Арктики. Вып. 16. Ред. Б.В. Ткаченко Л.: Гостоптехиздат, 1961. С. 5–18 (Труды НИИГА. Т. 123).
- Ермолаев М.М., Спичарский Т.Н.* Острова Де Лонга // Геология СССР. Т. XXVI. М.–Л.: Гос. изд-во геологической литературы Министерства геологии СССР, 1947. С. 366–387.
- Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М.* Тектоника литосферных плит территории СССР. Кн. 2. М.: Недра, 1990. 334 с.
- Кембрий Сибири. Новосибирск: Наука, 1992. 135 с.
- Кембрий Сибирской платформы. Кн. 1. Алдано-Ленский регион. Отв. ред. Розанов А.Ю., Варламов А.И. Москва–Новосибирск: ПИН РАН, 2008а. 300 с.
- Кембрий Сибирской платформы. Кн. 2. Северо-восток Сибирской платформы. Отв. ред. Розанов А.Ю., Варламов А.И. Москва–Новосибирск: ПИН РАН, 2008б. 140 с.
- Колчак А.* Последняя экспедиция на остров Беннетта, снаряженная Академией Наук для поисков барона Толля // Известия Императорского Русского географического общества. 1906. Т. XLII. Вып. II–III. С. 487–519.
- Коровников И.В., Новожилова Н.В.* Новые данные по биостратиграфии нижнего и низов среднего кембрия Хараулахских гор (северо-восток Сибирской платформы, Чекуровская антиклиналь) // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 8. С. 1014–1026.
- Косыко М.К.* Террейны Восточно-Арктического шельфа России // Докл. РАН. 2007. Т. 413. № 1. С. 71–74.
- Кузьмичев А.Б., Данукалова М.К.* Тектоническая зональность Новосибирских островов и окружающего шельфа: геолого-исторические связи со структурами Таймыра и Сибирской платформы // Геотектоника (в печати).
- Мельников Н.В., Асташкин В.А., Килина Л.И., Шишкин Б.Б.* Палеогеография Сибирской платформы в раннем кембрии // Палеогеография фанерозоя Сибири. Сборник научных трудов. Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989. С. 10–17.
- Покровская Н.В.* Трилобиты семейства Olenidae из верхнего кембрия Якутии // Палеонтол. журн. 1966. № 2. С. 67–80.
- Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 38. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2008. 131 с.
- Решения Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе средней Сибири. Часть 1. Верхний протерозой и нижний палеозой. Гл. ред. Краснов В.И., Савицкий В.Е., Тесаков Ю.И., Хоментовский В.В. Новосибирск: Изд-во СНИИГГиМС, 1983. 215 с.
- Решения Третьего Межведомственного регионального стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и мезозою Северо-Востока России, Санкт-Петербург, 2002. Ред. Корень Т.Н., Котляр Г.В. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009. 268 с.
- Соболевская Р.Ф., Лазаренко Н.П.* Стратиграфия кембрия Восточного и Центрального Таймыра // Проблемы геологии и минеральных ресурсов Таймыра, Северной Земли и севера Средне-Сибирского плоскогорья. М.: Недра, 1965. С. 35–57 (Труды НИИГА. Т. 145).
- Стратиграфический кодекс России. Издание третье. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.
- Толль Э.В.* Краткий отчет Президенту Императорской Академии Наук // Известия Императорской Академии Наук. Физико-математическое отделение. 1904. Т. XX. С. 158–159.
- Cherns L., Wheeley J.R., Karis L.* Tunneling trilobites: Habitual infaunalism in an Ordovician carbonate seafloor // Geology. 2006. V. 34 (8). P. 657–660.
- Cocks L.R.M., Torsvik T.H.* Siberia, the wandering north terrane, and its changing geography through the Palaeozoic // Earth-Sci. Rev. 2007. V. 82. P. 29–74.
- Cocks L.R.M., Torsvik T.H.* The Palaeozoic geography of Laurentia and western Laurussia: A stable craton with mobile margins // Earth-Sci. Rev. 2011. V. 106. P. 1–51.
- De Long G.W.* The voyage of the Jeannette. The ship and ice journals. Ed. E. De Long. Vol. II. Boston: Houghton, Mifflin and Co., 1883. 911 p.
- Drachev S.S.* Tectonic setting, structure and petroleum geology of the Siberian Arctic offshore sedimentary basins // Arctic Petroleum Geology. Eds. Spencer A.M., Embry A.F., Gautier D.L., et al. Geol. Soc. London. Mem. 2011. V. 35. P. 369–394.
- Dumas S., Arnott R.W.C.* Origin of hummocky and swaley cross-stratification: The controlling influence of unidirectional current strength and aggradation rate // Geology. 2006. V. 34 (12). P. 1073–1076.
- Holm G., Westergaard A.H.* A middle Cambrian fauna from Bennett Island // Записки Академии наук СССР. Сер. VIII. 1930. Т. XXI. № 8. 25 с.
- Landing E.* Time-specific black mudstones and global hyperwarming on the Cambrian–Ordovician slope and shelf of the Laurentia paleocontinent // Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol. 2011. V. 367–368. P. 256–272.
- Möller N.K., Kvingan K.* The genesis of nodular limestones in the Ordovician and Silurian of the Oslo Region (Norway) // Sedimentology. 1988. V. 35. P. 405–420.
- Myrow P.M., Fischer W., Goodge J.W.* Wave-modified turbidites: combined-flow shoreline and shelf deposits, Cambrian, Antarctica // J. Sedimentary Res. 2002. V. 72 (5). P. 641–656.
- Natal'in B.A., Amato J.M., Toro J., Wright J.* Paleozoic rocks of northern Chukotka Peninsula, Russian Far East: Implications for the tectonics of the Arctic region // Tectonics. 1999. V. 18 (6). P. 977–1003.
- Pedersen G.K.* Thin, fine-grained storm layers in a muddy shelf sequence: an example from the Lower Jurassic in the Stenlille 1, Denmark // J. Geol. Soc. London. 1985. V. 142. P. 357–374.
- Reineck H.E., Singh I.B.* Genesis of laminated sand and graded rhythmites in storm-sand layers of shelf mud // Sedimentology. 1972. V. 18. P. 123–128.
- Schieber J.* Evidence for high-energy events and shallow-water deposition in the Chattanooga Shale, Devonian, central Tennessee, USA // Sedim. Geol. 1994. V. 93. P. 193–208.
- Terfelt F., Ahlber P., Eriksson M.E.* Complete record of Furonian polymerid trilobites and agnostoids of Scandinavia: A biostratigraphical scheme // Lethaia. 2011. V. 44. P. 8–14.

Рецензенты К.Л. Пак,
В.А. Захаров, В.Г. Ганелин