

## СЛЕДЫ ШТОРМОВОЙ СЕДИМЕНТАЦИИ В ИЗВЕСТНЯКАХ КУНДАСКОГО ГОРИЗОНТА (СРЕДНИЙ ОРДОВИК) ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассматриваются текстурно-тафономические особенности пластов со структурой пакстоуна-грейнстоуна, маркирующих регрессивные интервалы «ортоцератитовых известняков». Впервые описывается комплекс признаков, характерных для «событийных» отложений, – эрозивные диастемы, реликты градиционно-сортированных осадков и переотложенная раковинная фауна. Наиболее информативны для седиментологической интерпретации крупные остатки раковинной фауны (наутилоидеи, гастроподы), сохраняющие в виде заполнения реликты уничтоженных эрозией карбонатных осадков «первого цикла». Комплекс признаков позволяет предположить штормовой режим седиментации с преобладанием волновой турбулентности. Следы переотложения раковинной фауны отмечаются также в более глубоководных и илистых микрофациях.

Ключевые слова: Ленинградская область, ордовик, кундаский горизонт, темпеститы, раковины-интракласты, фосфатизированные диастемы.

The paper describes texture-taphonomic features of the pack-grainstones marking regressive interval of the Orthoceratite Limestones. At the first time the number of features typical for “event” deposits – erosion surfaces, relicts of graded and sorted sediments and redeposited shell fossils are described. The most informative for the sedimentological analyses are the large remains of shell faunas (nautiloids, gastropods) that within their shells preserve carbonate relicts of the “first cycle” sediments denudated outside. Peculiarities of the studied deposits allow to propose the storm sedimentation environment with the predominance of turbulence. Traces of redeposition of shell fossils were also noticed in more deep water and muddy microfacies.

Keywords: Leningrad Region, Ordovician, Kunda stage, tempestites, shells-intraclasts, phosphatized erosion surface.

Денудационный уступ Балтийско-Ладожского глинта, ограничивающий с севера поле развития ордовикских отложений на северо-западе России, бронирован карбонатными породами биллигенского, волховского и кундаского горизонтов. Далее к югу, благодаря слабому падению ордовикских отложений, разрез наращивается азериским, ласнамягиским и ухакусским горизонтами. Такая последовательность общей мощностью 35–50 м отвечает флосскому и дарривильскому ярусам МСШ, т. е. сформирована за 17–18 млн лет. Средняя скорость осадконакопления примерно 0,1–0,3 см/тыс. лет, что типично для т. н. сверхконденсированных разрезов в понимании [2]. Отложения представлены плитчатыми биокластическими известняками с преобладанием пакстоуна и вакстоуна, реже грейнстоуна. Согласно современным представлениям, они сформированы в обстановках умеренных широт в пределах карбонатной платформы с рамповым характером окраин [10, 13, 15] (рис. 1). Одним из нерешенных вопросов генезиса указанных карбонатов является характер придонной гидродинамики в обстановках верхнего и среднего рампы. В настоящее время предложены две антагонистические модели седиментации: штормовая [3, 10] и приливно-отливная [5]. Отсутствие единого мнения объясняется редкостью ярких и однозначно интерпретируемых седиментологических (текстурно-тафономических) признаков в отложениях большинства перечисленных горизонтов, а также слабой изученностью текстурно-тафономического характера отложений в целом.

В ходе многолетних стратиграфических и литолого-седиментологических наблюдений на разрезах кундаского-ухакусского горизонтов автор обратил внимание на повсеместное присутствие в

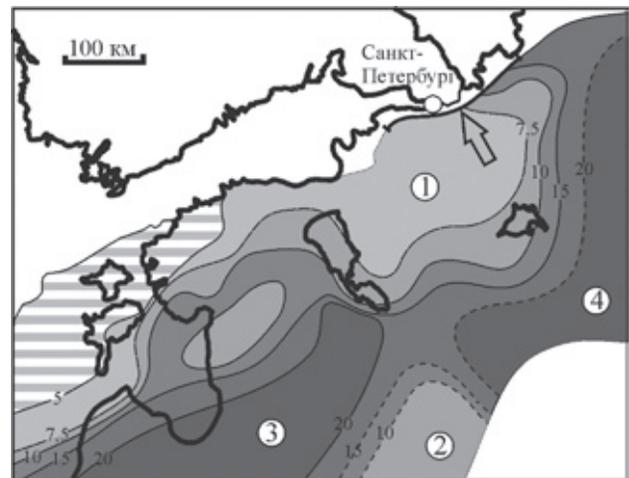


Рис. 1. Изопахиты кундаского горизонта Восточной Прибалтики (в м). Сост. с использованием данных [7, 9, 12, 14, 16] и переинтерпретацией материалов В. А. Селиванова и др. (1960, 1966); А. И. Шмаенок и др. (1967)

Цифры в кружках: 1–3 – структурно-фациальные зоны (1 – Эстонская, 2 – Литовская, 3 – Шведско-Латвийская); 4 – Московская синеклиза [7]. Стрелка указывает на положение профиля вдоль российской части глинта

мелководных карбонатных микрофациях тонкой эрозионной стратификации, подчеркнутой слабой аутигенной фосфатизацией, и перетолженной раковинной фауны с реликтовым заполнением, также фосфатизированным. Эти признаки особенно хорошо выражены в известняках со структурой пакстоуна-грейнстоуна, где их дополняют реликты градиционной сортировки осадка. Данный набор признаков обычно наблюдается в т. н. событийных отложениях, в частности темпеститах; в настоящее время примеров описания и интерпретации этих важных текстурно-тафономических особенностей карбонатных отложений из среднего ордовика Восточной Балтоскандии нет. Попытаемся отчасти восполнить этот пробел на примере отложений кундаского горизонта российской части глинта.

Известняки со структурой пакстоуна-грейнстоуна приурочены здесь к средней части трилобитовой зоны *raniceps-striatus*; они формируют верхние части массивных, резко обедненных глинистой примесью карбонатных плит, известных у плитомов XIX – начала XX в. как нижние и верхние «кости» [2]. На этих уровнях они прослеживаются вдоль всего изученного нами отрезка глинта (более 200 км) от р. Копорка на западе до крайних восточных разрезов, отвечающих уже склону платформы (рис. 2); они названы нами нижним и верхним пластами пакстоуна-грейнстоуна. Пакстоуны и грейнстоуны могут быть охарактеризованы как илестые и хорошо промытые биокластовые пески, сформированные на регрессивных стадиях циклов затопления-обмеления. Столь широкое площадное распространение мелководных микрофаций указывает на два эпизода значительного падения уровня моря.

Для микроструктурной характеристики известняков используется терминология Данхема [11] с подразделением биокластов по размеру (тонкие, мелкие, ..., грубые), аналогичному принятому для песчаных частиц [8]. Биотурбированные известняки с широкими вариациями в шлифах микроструктур от пакстоуна до мадстоуна обобщенно называем биокласто-иловыми. Термин «диастема» здесь применяется для обозначения слабовыраженных, но все-таки различимых при специальных исследованиях поверхностей перерыва.

**Палеогеография и микрофации.** Кундаский горизонт отвечает нижней части дарривильского яруса среднего ордовика (зоны *U. austrodentatus* – *N. fasciculatus*). Сводовая часть платформы и ее северный склон представлены разрезами глинта от р. Нарва до р. Мга и от скв. 149 до р. Лынна. В сторону бассейна постепенно возрастают мощность стратиграфических единиц, содержание карбонатного ила и глинистой примеси. На профиле может быть выделено пять микрофаций, последовательно сменяющих друг друга (рис. 3): массивные грейнстоуны (1); пакстоуны со скрытой тонкой стратификацией, обогащенные алеврито-глинистой примесью до 7% (2); толстоплитчатые известняки со структурой ненасыщенного пакстоуна-вакстоуна, с содержанием алеврито-глинистой примеси 8–12 до 14% (3); среднеплитчатые, редко толстоплитчатые известняки, обогащенные алеврито-глинистой примесью (16–20%) со структурами пак-вакстоуна – ненасыщенного вакстоуна (4); тонковолнисто-слоистые до линзовидно-комковатых, с мергелистыми контактами, глинистыми известняки с содержанием алеврито-глинистой примеси

17–22% и структурой вакстоуна и мад-вакстоуна (5); «флишоидное» переслаивание аналогичных мад-вакстоунов и глин примерно равной мощности, от 2 до 5 см (6).

Отложения свода платформы представлены микрофациями 1, 2 и 3 (рис. 4). Это типичные «ортоцератитовые известняки» (в литофациальном понимании этого термина), отличающиеся высокой карбонатностью, обилием раковин прямых наутилоидей, фосфатизированных поверхностей перерыва, примесью глауконита, грубым напластованием.

**Распределение микрофаций в пластах пакстоуна-грейнстоуна (ППГ).** В крайних западных разрезах нижний ППГ мощностью ~ 8 см целиком сложен массивным грейнстоуном (р. Копорка, карьер Широково). Далее к востоку (р. Лапухинка – р. Лынна, за исключением р. Волхов) мощность пласта увеличивается до 11–13 см, и он приобретает регрессивное строение за счёт появления в подошве более илистых разностей. Снизу вверх наблюдается постепенная смена микроструктур от неплотного до плотного пакстоуна, редко грейн-пакстоуна и грейнстоуна.

Верхний ППГ (10–12 см) характеризуется аналогичной последовательностью микрофаций от подошвы к кровле, однако рост илистости микроструктур по латерали отчетливо фиксируется лишь на самых восточных разрезах, где пласт представлен ненасыщенным пакстоуном (р. Волхов) и плотным пак-вакстоуном (р. Лынна).

Распределение биокластов по гидравлической крупности указывает на явления фракционирования и транспортировки осадка вниз по склону. Так, отложения микрофации 1 (грейнстоун) полностью отмыты от ила и мелких биокластов, преобладают крупные биокласты (0,5–1 мм), часть из них представлена массивными фрагментами иглокожих. Отложения микрофации 2 (пакстоун) сформированы из относительно сортированных по размеру, и особенно по форме, плоских и скорлуповидных биокластов остракод и трилобитов с пониженной гидравлической крупностью; массивных фрагментов иглокожих среди крупных биокластов здесь уже нет. В биокласто-иловой микрофации 3 биокласты несортированные, среди крупных снова многочисленны массивные фрагменты иглокожих. Можно сделать вывод, что грейнстоуны являются остаточными (лаговыми) образованиями, а пакстоуны вынесены из данной микрофации аллохтонным тонко-крупнобиокластовым материалом. Смежные с пакстоунами биокласто-иловые микрофации должны были получать материал ещё более мелкой размерности (илисто-шламово-мелкопесчаной).

**Стратификация.** ППГ рассматриваются нами как многослой, сформированные в результате частичного наложения серии высокоэнергетических событий. Для них (особенно для пакстоунов) характерна тонкая, неровная стратификация из эрозионных диаем с волнистым и бугорчатым рельефом. Диаеммы различимы благодаря слабой (белёсой) и неглубокой (1–5 мм) фосфатной импрегнации, приуроченной к возвышениям рельефа, а также литологическому контрасту смежных слоев (рис. 5, А–Г). Полоса импрегнации производит впечатление размытой: так, импрегнация отсутствует в понижениях рельефа, но сохраняется на выступах; надо отметить, что по мере усиления грубозернистости осадка (при переходе к грейнстоуну) полоса

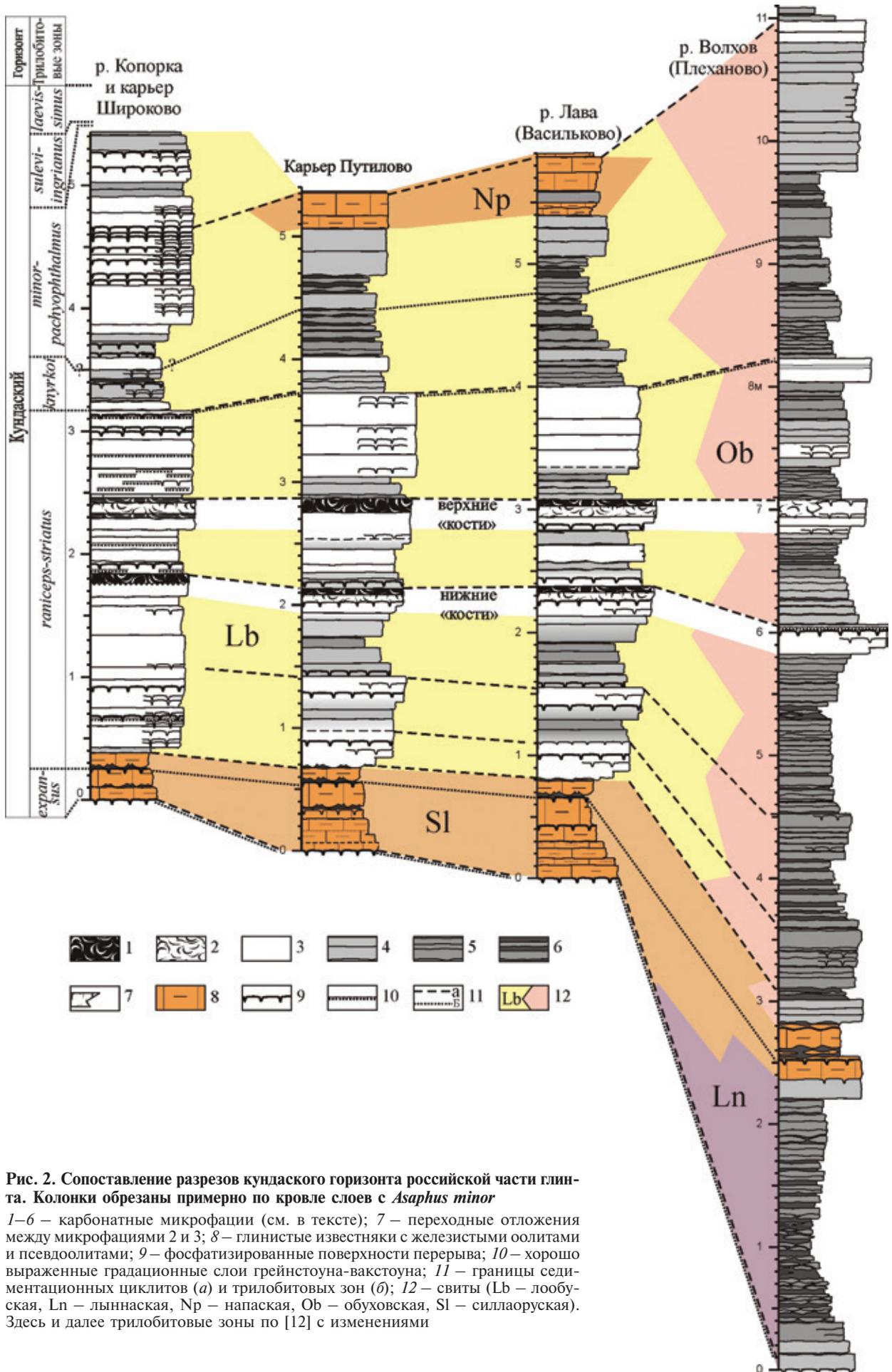


Рис. 2. Сопоставление разрезов кундаского горизонта российской части глинита. Колонки обрезаны примерно по кровле слоев с *Asaphus minor*

1–6 – карбонатные микрофашии (см. в тексте); 7 – переходные отложения между микрофашиями 2 и 3; 8 – глинистые известняки с железистыми оолитами и псевдооолитами; 9 – фосфатизированные поверхности перерыва; 10 – хорошо выраженные градационные слои грейнстоуна-вакстоуна; 11 – границы седиментационных циклитов (а) и трилобитовых зон (б); 12 – свиты (Lb – лообуская, Ln – лынская, Np – напасская, Ob – обуховская, Sl – силлаоруская). Здесь и далее трилобитовые зоны по [12] с изменениями

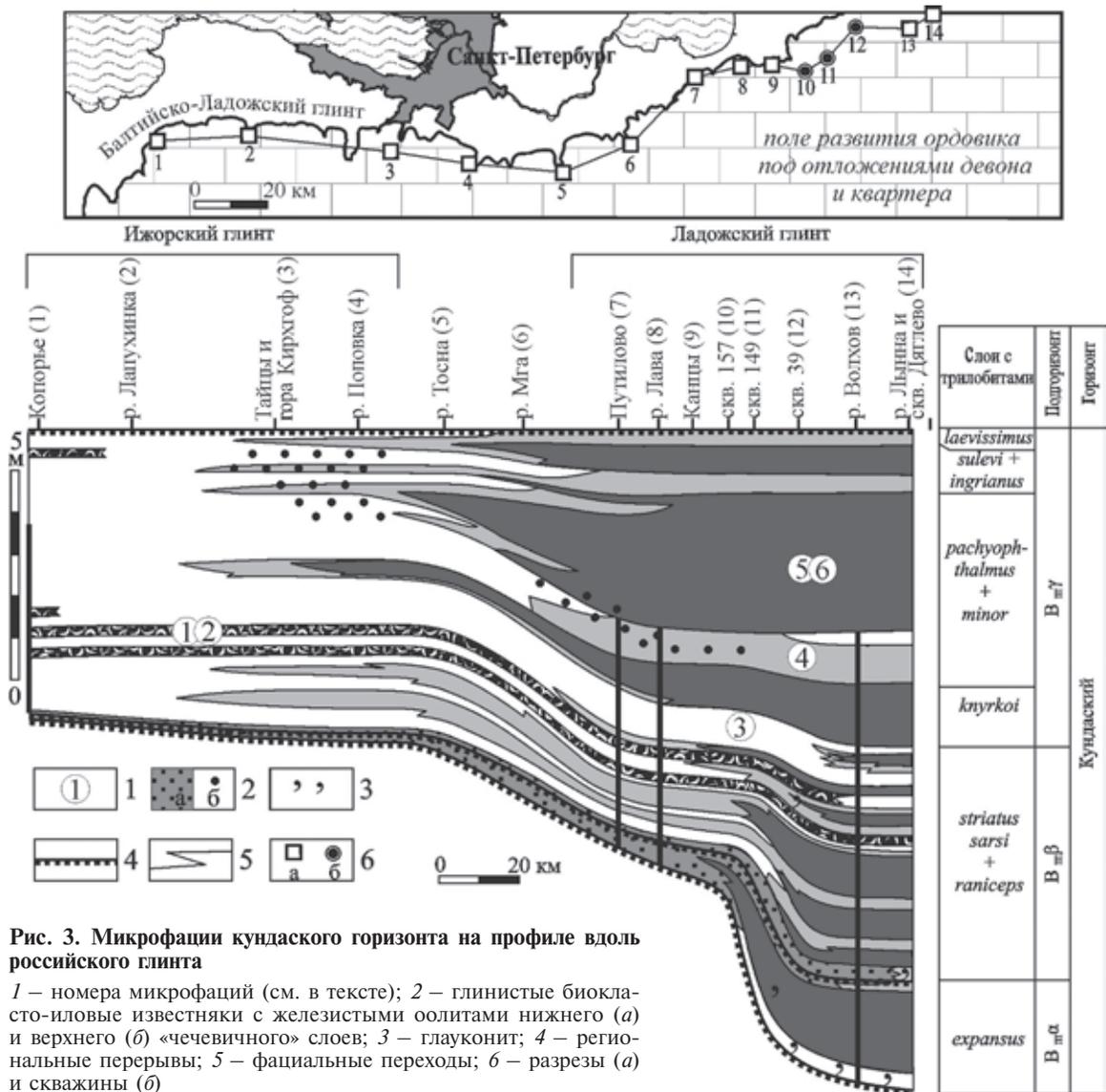


Рис. 3. Микрофации кундаского горизонта на профиле вдоль российского глинта

1 – номера микрофаций (см. в тексте); 2 – глинистые биокласто-иловые известняки с железистыми оолитами нижнего (а) и верхнего (б) «чечевичного» слоев; 3 – глауконит; 4 – региональные перерывы; 5 – фациальные переходы; 6 – разрезы (а) и скважины (б)

импрегнации на диастемах становится всё менее отчетливой и под конец пропадает совсем.

В нижнем ППГ диастемы следуют через 0,5–2 см, тогда как стратификация верхнего более грубая (до 5–7 см). В рельефе диастем выделяются эрозийные останцы высотой до 4 см, бронированные крупной раковинной фауной – ортоцераконами наутилоидей, гастроподами, мшанками, щитами трилобитов. За счет подмыва осадка под фоссилиями такие останцы часто приобретают грибовидную форму. На вершинах наиболее высоких останцов наблюдается градационная сортировка осадка с переходом пакстоуна в мелкобиотурбированный вакстоун или даже мадстоун. Таким образом, ППГ представляют собой результат амальгамации элементарных слоев с эрозийными подошвами и (по крайней мере у некоторых из них) градационной сортировкой. На р. Волхов (с. Плеханово) нижний ППГ почти целиком представлен одним хорошо выраженным градационным слоем (5 см) с эрозийной подошвой и постепенной сменой вверх микроструктур грейнстоуна, пакстоуна и вакстоуна.

**Тафономия наутилоидей.** Нижние и верхние «кости» заключают многочисленную раковинную фауну (наутилоидеи, гастроподы, трилобиты, брахиоподы, мшанки, иглокожие), находящуюся в переотложен-

ном и в той или иной степени фрагментированном виде. Ценным источником седиментологической информации здесь служат остатки прямых наутилоидей – обычно обломки фрагментов длиной до 20–30 см; реже встречаются сравнительно целые ортоцераконны, достигающие 60 см в длину и 6–7 см в ширину (в устьевой части). Практически все раковины и их обломки несут на себе следы экспозиционного растворения и переотложения.

**Частично растворенные ортоцераконны.** В нижне- и среднеордовикских известняках Балтоскандии раковины моллюсков (цефалопод, гастропод, пелелипод) обычно имеют худшую сохранность по сравнению с остатками кальцитовых фауны (брахиопод, иглокожих, мшанок и т. п.). Это объясняется существенно арагонитовым составом раковин моллюсков, подверженных растворению как на морском дне, так и на стадии диагенеза. Признаки диагенетического растворения раковин гастропод и цефалопод сильнее всего выражены в глинистых известняках и мергелях; раковины подвергались растворению по всей поверхности. Напротив, следы экспозиционного (т. е. на морском дне) растворения присущи подавляющему числу раковин (и внутренних ядер) наутилоидей во всех микрофациях, от наиболее карбонатных

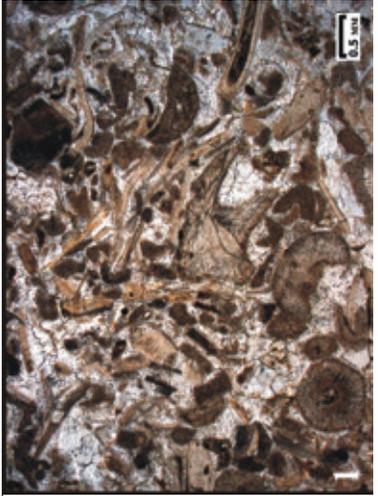
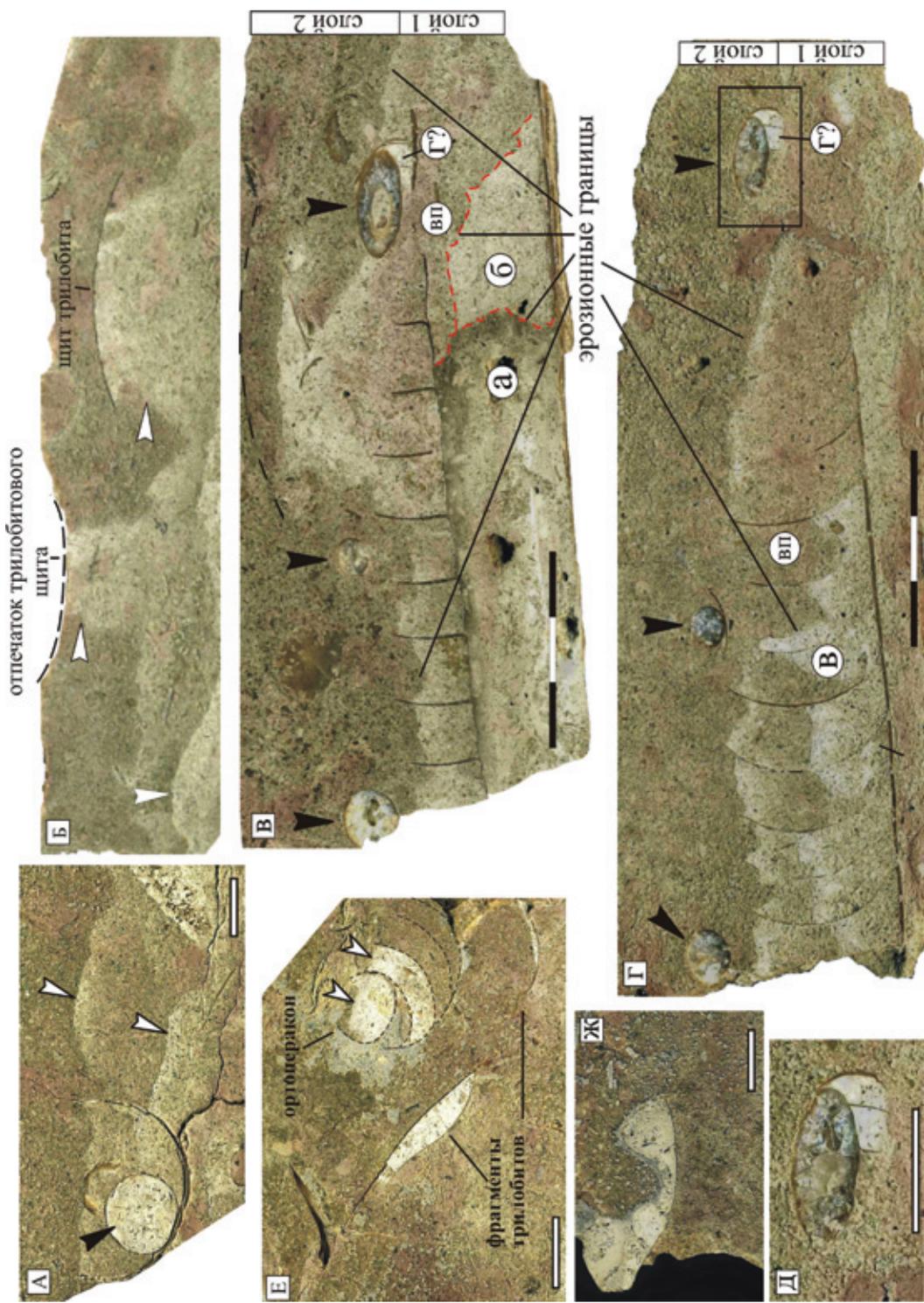
Микрофашия			
Состав, микроструктура	<p>Средне-крупнобиокластовый известняк-грейностун из обломков иглокожих, трилобитов и брахиопод, сцементированных синтаксиальным спаритом.</p> <p>Содержание алевроито-глинистой примеси 1–3%</p>	<p>Средне-мелкобиокластовый известняк-пакстоун из «лейстовидных» обломков иглокожих, остракод и тонкопанцирных трилобитов в микроспаритовом матриксе. Крупные биокласты редки, массивные фрагменты иглокожих среди них отсутствуют.</p> <p>Алевроито-глинистая примесь 5–7%</p>	<p>Структурно-неоднородный известняк, крупно-тонкобиокластовый, от пакстоуна-вакстоуна до ненасыщенного вакстоуна и мадстоуна (на участках биотурбаций). Присутствуют крупные массивные биокласты иглокожих (обведены).</p> <p>Алевроито-глинистая примесь 8–14, глина ~6–10% (слабоглинистый известняк)</p>
Стратификация	<p>Нет (массивный)</p>	<p>Тонкое (0,5–2 см) чередование эрозионных поверхностей с амплитудой рельефа до 4 см, слабо подчеркнутых фосфатной импрегнацией. В наиболее высоких эрозионных останках реликты градационной сортировки, ил на вершинах</p>	<p>Разрушена биотурбацией, сохранилась в виде реликтов (останцов) фосфатизированного мягкого и плотного дна бронированных раковинной фауной. Макростратификация – плитчатость 10–40 см</p>
Тафономия	<p>Ориентировка щитов трилобитов выпуклостью вверх</p> <p>Остатки наутилоидей, гастропод, мшанок, трилобитов с фосфатизированным выполнением внутренних полостей</p> <p>Заполнение имеет эрозионный контакт с вмещающей породой.</p>	<p>Ориентировка щитов трилобитов выпуклостью вверх и вниз</p> <p>Количество генераций и характер заполнения:</p>	<p>Стоящие «на ребре» фоссилии и их фрагменты: выпукло-вогнутые и плоские (трилобиты, офиоцистиги, ядра гастропод и циртоцераконов), удлиненные (ортоцераконы)</p>
	<p>не менее 1–2, мад-, вак-, пакстоун, резкий структурный контраст с вмещающей породой</p>	<p>2–3, мад-, вакстоун (резкий структурный контраст с вмещающей породой), пакстоун</p>	<p>1–2, мад- и вакстоун, слабый структурный контраст с вмещающей породой</p>

Рис. 4. Сравнительная характеристика микрофашии ППГ и смежных отложений



**Рис. 5. Текстурно-гафномические особенности нижнего IIIП**

Образцы *A, B* и *Г-Ж* проотравлены  $\text{HNO}_3$  для усиления яркости импретгнации. Образцы *A, B, E, Ж* – с р. Лава, *B-Д* – из карьера Путилово. Вес спилы поперек напластования. Цена деления масштабной линейки 1 см.

*A* – пакстоун со слабофосфатизированными эрозионными диастемами (белые стрелки), заключающий усеченный наутилоидный фрагмон (поперечное сечение). Сифон фрагмона заполнен сильнофосфатизированным мадстоуном (черная стрелка), контрастирующим с диастемами по глубине и интенсивности импретгнации; *B* – пакстоун со слабофосфатизированными диастемами; в рельефе верхней выделяются останцы, бронированные фоссилиями, с более насыщенной импретгнацией. Горизонтальные стрелки отмечают уровни появления в останцах более илистых микроструктур; *B-Д* – объяснение в тексте; *E, Ж* – примеры раковин-интракlastов с илистым и сильнофосфатизированным белым заполнением, заключенных в грейн-пакстоуне: гастропода *Paraparaphisoma sp.*, лежащая умбулосом вниз (*E*), и фрагменты трилобитов и «усеченного» ортоцеракона – косой срез (*Ж*), стенки которого растворены в диагенезе, прорисованы пунктиром

(мелководных) до глинисто-карбонатных (сравнительно глубоководных). Процессу особенно благоприятствовали холодноводные, не насыщенные по карбонату условия и длительная экспозиция раковин. Растворению подвергались верхние, выступавшие из осадка части ортоцераконов, которые оказывались неровно срезанными на определенной высоте, от 1 до 3–4 см (рис. 5, А, В, Л). Учитывая коническую форму раковин и относительно постоянную мощность заключавшего их слоя осадка, закономерно, что срез постепенно сходит на нет в сторону апикальных частей; практически никогда не сохранялись целиком жилые камеры крупных ортоцераконов. Данная форма сохранности балтоскандинавских прямых наутилоидей, названная нами «усеченными» ортоцераконами, впервые отмечена, вероятно, З. Г. Балашовым [1].

Изучение высоты сохранившихся частей ортоцераконов имеет очевидный седиментологический смысл. С одной стороны, это позволяет реконструировать, с поправкой на литостатическое уплотнение, переработанную стратификацию карбонатных осадков, с другой – зафиксировать признаки событийной конденсации отложений. Так, в ППГ совместно встречаются как целые и «усеченные» ортоцераконы и их обломки высотой до 4 см, так и почти полностью срезанные раковины (до 1 см), представленные одной сифонной трубкой. Срезанные края ортоцераконов в большинстве случаев не совпадают с диастемами, располагаясь ниже или значительно выступая над ними (рис. 5, Б, Г, Д). Это, а также наличие реликтового заполнения (см. ниже) указывают на широкое развитие процессов переотложения осадков и совмещение разновозрастных фоссиллий в одном слое. В смежной микрофашии 3 (например, нижние части обоих «костей») разброс раковин по высоте среза уменьшается, но еще ощутим (здесь также присутствует реликтовое заполнение раковин), тогда как в глинистых известняках микрофашии 4 уже отмечается относительное постоянство высоты среза ортоцераконов в пределах выбранного уровня.

Процессами размытия и переотложения объясняется также появление в верхних и нижних «костях» сравнительно редких, но постоянно отмечаемых «усеченных» ортоцераконов с нарушенной первичной ориентировкой относительно плоскости напластования, стоящих на торце (мелкие обломки фрагмоконов), на боку или перевернутых (рис. 5, Д). Способ появления двух последних типов ориентировок становится понятным, если обратить внимание на находки «усеченных» наутилоидей, возвышающихся на «подставках» из недоразмытого осадка. При их обрушении могло происходить опрокидывание и разламывание ортоцераконов.

*Седиментологическая память осадка – раковины-интракласты.* Признаком переотложения и событийной конденсации осадков при формировании отложений со структурой пакстоуна и грейнстоуна является заключенная в них обильная раковинная фауна с литологически отличным реликтовым заполнением (РЗ). Заполнение контрастирует с вмещающей породой, во-первых, микроструктурами вакстоуна и мадстоуна, во-вторых, интенсивной фосфатизацией; оно сохранилось в наиболее защищенных интерстициях раковин и имеет отчетливый эрозионный контакт с вмещающими пакстоуном или грейнстоуном. Литологическая экзотичность и особенно эрозионные контакты позволяют ин-

терпретировать РЗ как остатки слоев, уничтоженных в ходе эрозионных событий. Часть раковин с РЗ – это явные интракласты, потерявшие связь с субстратом; они узнаются по неравновесному залеганию (рис. 5, Е) и/или отчетливому литологическому контрасту заполнения и подстилающего осадка (рис. 5, Д–Ж). Горизонтально лежащие раковины крупных наутилоидей, сохраняющие фосфатную импрегнацию в верхней части раковинного заполнения, могут представлять собой эрозионные останцы. Раковины-интракласты, аналогичные по гидравлической крупности крупной гальке, по видимому, не испытали значимого латерального перемещения. Это относится к обломкам прямых наутилоидей (длина 2–30, диаметр 2–4 см), полусферическим мшанкам (до 6 см) и раковинам гастропод (ширина до 4 см).

Для реконструкции седиментологической истории карбонатных пластов лучше всего подходят крупные фоссиллии с РЗ, такие как наутилоидеи и гастроподы. Реликтовое заполнение «усеченных» наутилоидей обычно содержится в сифонах, реже в воздушных камерах, преимущественно на дне (между септами и сифоном). Последнее обусловлено тем, что заполнение намного легче вымывалось из вскрытых воздушных камер, чем из сифонной трубки. Реликтовое заполнение легко диагностируется уже в полевых условиях благодаря окраске фосфатизированного заполнения (белесой, серой, сиреневато-серой, коричневатой). Нужно отметить, что процесс импрегнации РЗ не имел ничего общего с конкреционным стягиванием фосфатов вокруг органических остатков; по своим особенностям (цвет, пелитоморфность, усиление вверх) и ассоциации с эрозионными поверхностями импрегнация РЗ аналогична таковой диастем, наблюдаемых в тех же пластах. Важно, однако, что РЗ фоссиллий контрастирует с такими диастемами глубиной и интенсивностью импрегнации и часто не совпадает с ними стратиграфически.

Соотношение реликтового заполнения наутилоидей с диастемами может быть проиллюстрировано на примере образца из нижнего ППГ карьера Путилово (рис. 5, В, Л). Образец состоит из элементарных слоев 1 и 2 (вак-пакстоун и пакстоун), разделенных эрозионной диастемой с остатками белой импрегнации. В рельефе диастемы выделяется останец с градационной сортировкой, илистая вершина которого бронирована фрагментом ортоцеракона (растворен в диагенезе, отмечен пунктиром) (рис. 5, В). В данном сечении фрагмент не соприкасается с вершиной останца. Илистая верхушка останца обладает структурой вакстоуна-мадстоуна и сравнительно мощной полосой белой фосфатизации. Слой 1 включает крупный обломок «усеченного» ортоцеракона. Последний был распилен вдоль через сифон (рис. 5, В) и на расстоянии 1,5 см через воздушные камеры (рис. 5, Л). В сифоне были обнаружены три генерации заполнения («а», «б», «вп») с эрозионными контактами, из которых лишь последняя («вп») отвечает вмещающей породе. Генерации «а» и «б» варьируют по структуре от вакстоуна до мадстоуна и обладают неясной градационной сортировкой, нарушенной биотурбацией. Генерация «а» отмечена темно-серой каемкой фосфатизации по эрозионному контакту и верхней стенке сифона; генерация «б» белесая, более слабая. В противоположность вмещающему пакстоуну, илистое РЗ биотурбировано, что свиде-

тельствует о «гранулометрических» предпочтениях мелких грунтоедов.

На боковом спиле (рис. 5) в нижней части вскрытых воздушных камер видны остатки еще одной генерации заполнения («в»), представленной уже биокластовым пакстоуном. Заполнение отделяется от более вмещающей породы контактом с отчетливо эрозионной морфологией, подчеркнутым интенсивной фосфатной импрегнацией глубиной до 7 мм. В редких уцелевших высоких «ярусах» заполнения «в» пакстоун достаточно резко сменяется мадстоуном. Соотношение импрегнации и эрозионного рельефа в целом конформное. Генерация «в», по-видимому, присутствует только в виде реликтового заполнения, так как ограничивающая ее в кровле сравнительно мощная и интенсивная полоса импрегнации не прослеживается за пределами обломка фрагмокона.

Вблизи границы слоев 1 и 2 лежат апикальные части ортоцераконов, ориентированные примерно перпендикулярно к плоскости спила (черные стрелки) и представленные сифонами с остатками растворенных стенок и септ. На рис. 5, Г все они как будто лежат выше диастемы, т. е. в подошве слоя 2. Крайний справа ортоцеракон ориентирован «усеченными» септами вниз (т. е. он был опрокинут при переотложении). Однако на рис. 5, В видно, что данный ортоцеракон на самом деле выступает из кровли слоя 1; здесь мы видим незавершенный процесс «откапывания» раковины. Между септами заключено реликтовое заполнение — белесый (слабофосфатизированный) мадстоун-вакстоун (рис. 5, Д), импрегнация которого контрастирует своей глубиной, интенсивностью и стратиграфическим положением с импрегнацией более поздней диастемы. Учитывая залегание данного апика над обломком крупного фрагмокона, можно предположить, что заполнение первого является более молодой генерацией РЗ по сравнению с заполнениями второго. Итак, слой 1 сохраняет «память» о трех или даже четырех событиях переотложения, запечатленных в заполнении наутилоидей.

**Интерпретация текстурно-тафономических особенностей пластов ППГ.** Во-первых, как показывает наличие останцов с градационной сортировкой и илистыми вершинами, пласты пакстоуна-грейнстоуна сформированы за счет эрозионной амальгамации нижних (биокластовых) частей градационных слоев. Сочетание градационной сортировки и эрозионных контактов указывает на «событийную» природу данной стратификации, обязанную своим появлением сравнительно редким турбулентным событиям. Во-вторых, крупные фоссилии с илистым реликтовым заполнением («а», «б», «г») являются останцами и интракластами осадков, отложенных между этими турбулентными событиями (могут условно рассматриваться как осадки «первого цикла» карбонатной седиментации). В противном случае на спаде турбулентности фоссилии были бы заполнены существенно биокластовым осадком (последнему могут отвечать заполнения «в», «вп» на рис. 5). В-третьих, сама возможность осаждения и длительной фосфатизации илистых карбонатов указывает на обстановки намного ниже базиса волнения. В-четвертых, повсеместно наблюдаемые признаки разрыва полосы фосфатизации говорят о слабой устойчивости фосфатизированного осадка к размыву. Иными словами, фосфатизация поверхностей перерыва не сопровождалась их ли-

тификацией. Фосфатизированный карбонатный ил, или биокластовый илистый песок, оставался несвязным и размывался в ходе турбулентных событий, сохраняясь под защитой раковинной фауны и в виде редких мелких интракластов.

**Текстурно-тафономические особенности смежных отложений и их интерпретация.** В отличие от ППГ, биокласто-иловые известняки микрофашии 3 переработаны мелкими ихнитами со шламово-иленным выполнением, что привело к преобразованию исходных микроструктур и уничтожению тонкой стратификации их фосфатизированных диастем. Остатки таких диастем фиксируются по разрезу через первые сантиметры. В западной части профиля (Копорье, Лапухинка) встречаются редкие тонкие (1–3 см) прослои слабоградационного грейнпакстоуна с эрозионными подошвами. В сторону бассейна микрофашии 3 переходит в более тонкослоистые и глинистые разности.

Фосфатизированные останцы ассоциируют с раковинной фауной, заключающей фосфатизированное РЗ. В крупных раковинах (наутилоидеи, гастроподы) эрозионный контакт заполнения и вмещающей породы обычно уверенно диагностируется, но в некоторых случаях он может быть биотурбирован. Здесь также отмечаются признаки нарушения первичной ориентировки «усеченных» ортоцераконов в связи с их переотложением (наклон на бок, переворачивание, неравновесное залегание). В отличие от биокластовых пластов, здесь намного шире распространена субвертикальная (на ребре) посмертная ориентировка крупных, более или менее уплощенных щитов и целых панцирей трилобитов и даже многотаблитчатых скелетов офиоцистий шириной до 11 см. Обломки «усеченных» фрагмоконов, в том числе одни только сифоны длиной 5–7 см, заполненные фосфатизированным осадком, могут залегать под углом до 70–80° к напластованию. Неравновесная ориентировка уплощенных и удлиненных фоссилий в сравнительно илистых фациях рассматривается нами как результат сваливания взмученного осадка на дно в фазу затухания турбулентности. Биотурбационный вариант, предполагающий переориентировку фоссилий в осадке за счет развития субвертикальных следов рытья, обычно исключается сохранностью первичноанатомического положения сегментов (трилобиты) и табличек (офиоцистии), которое было бы неизбежно нарушено за счет усилий хоодообразователя и сопротивления осадка; наклоном панцирей трилобитов на более тяжелую сторону (противоположная, например, лишена подвижной щеки); отсутствием в непосредственной близости к фоссилии следов рытья крупных размеров.

**Выводы.** Строение и тафономия пластов ППГ указывают на их формирование ниже базиса обычных волн в условиях чередования турбулентных событий и перерывов в ненакоплении. Турбулентные события сопровождалась эрозией ранее отложенных осадков, их сепарацией и перемещением вниз по склону (пиковая фаза) и переотложением в виде градационно-сортированных слоев (фаза затухания). Прослои илистых карбонатов, отлагавшихся между турбулентными событиями («фоновые» осадки?) и непосредственно после них («илистые шляпы» градационных слоев) почти полностью уничтожались эрозией в момент пика турбулентности, сохраняясь лишь под защитой крупной раковинной фауны. Перерывы ненако-

пления сопровождалась фосфатизацией кровли градационного слоя или обнаженной эрозионной поверхности. Фосфатизация, возможно, была связана с развитием бактериально-водорослевых матов на поверхности осадка и формированием под ними геохимического барьера.

В биокласто-иловых отложениях микрофации 3 признаками турбулентных событий являются раковины с РЗ (в том числе раковины-интракласты) и вертикально ориентированная фауна; признаками перерывов ненакопления — фосфатизация.

В условиях «голодного» эпиконтинентального бассейна периодически возникавшие турбулентные события, вероятней всего, имели штормовую природу и существенно волновую гидродинамику. Об этом говорят отсутствие ярких текстурных признаков работы течений и преобладание бимодальной (волновой) ориентировки ортоцераконов наутилоидей. Нужно отметить, что область мелководной карбонатной седиментации на северо-западе России в раннем [4] и среднем [6] ордовике представляла собой субширотно вытянутую платформу, отделенную более глубоководными участками бассейна не только с востока и юга, но и с севера, с финской стороны, на которую ранее предполагался постепенный переход [8]. При отсутствии побережья меньше условий для возникновения сгонных штормовых течений. Отсутствие бугорчатой слоистости и градационная сортировка осадка в биокластовых микрофациях 1 и 2, а также вертикально ориентированная фауна в биокласто-иловой литофации 3, рассматриваются нами как свидетельство низкой энергии штормовых процессов и краткости фазы затухания турбулентности. Формирование в этих условиях конденсированных пластов биокластовых песков было связано с неоднократной переработкой штормовыми событиями. Этому способствовали низкая продуктивность карбонатной фабрики и отсутствие морской цементации [6].

Автор выражает глубокую признательность Г. А. Беленицкой, Т. Ю. Толмачевой (ВСЕГЕИ) и А. В. Дронову (ГИН РАН) за содержательное обсуждение данной работы, А. Г. Яновичу (ВСЕГЕИ) за неоценимую помощь в расшлифовке каменного материала. Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты 10-05-00973а, 10-05-00555-а.

1. Балашов З.Г. Эндоцератоидеи ордовика СССР. — Л., 1968. — 279 с.

2. Барабошкин Е.Ю. Конденсированные разрезы: терминология, типы, условия образования // Вестн. МГУ. 2009. Сер. 4, Геология. № 3. — С. 13–20.

3. Геология СССР. Полезные ископаемые. Том 1: Ленинградская, Псковская и Новгородская области. — М.: Недра, 1975. — 326 с.

4. Дронов А.В. Штормовая седиментация в нижнеордовикских карбонатно-терригенных отложениях окрестностей Санкт-Петербурга // Бюл. МОИП, отд. геол. 1998. Т. 73. Вып. 2. — С. 43–51.

5. Еришова В.Б. Конденсированные отложения валангуского и латорпского горизонтов (нижний ордовик) российской части Балтийско-Ладожского глинита: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. — СПб., 2008. — 16 с.

6. Зайцев А.В., Барабошкин Е.Ю. Стратиграфические перерывы в нижне-среднеордовикских отложениях северо-запада Русской плиты // Вестн. МГУ. Сер. 4, Геология. 2006. № 3. — С. 16–24.

7. Искюль Г.С. Холодноводные и тропические карбонаты в среднем и позднем ордовике северо-запада России: эволюция седиментогенеза // Материалы 1-й конф. молодых ученых и специалистов, посв. памяти А.П. Карпинского. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. — С. 35–38.

8. Мянниль Р.М. История развития Балтийского бассейна в ордовике. — Таллинн: Валгус, 1966. — 200 с.

9. Ульст Р.Ж., Гайлите Л.К., Яковлева В.И. Ордовик Латвии. — Рига, 1982. — 295 с.

10. Dronov A., Tolmacheva T., Raevskaya E., Nestell M. (Eds.) Cambrian and Ordovician of St. Petersburg Region. Guidebook for the pre-conference field trip. 6th Baltic Stratigr. Conf. 23–25, 2005, St. Petersburg. — P. 1–62.

11. Dunham R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture // Ham W.E. Classification of carbonate rocks. Amer. Assoc. of Petroleum Geologists Memoir. 1962. 1. — P. 108–121.

12. Ivantsov A. The trilobites of subfamily Asaphinae of Baltic-Ladoga clint // Paleontological J. Vol. 37. Suppl. 3. 2003. — P. 231–336.

13. Jaanusson V. Aspects of carbonate sedimentation in the Ordovician of Baltoscandia: Lethaia. 1973. Vol. 6. — P. 11–34.

14. Geology and Mineral Resources of Estonia. Tallinn: Estonian Acad. Publ., 1997. — 436 p.

15. Nestor H. Basin development and facies models / D. Kaljo, H. Nestor (Eds.) // Field Meeting Estonia. 1990. An Excursion Guidebook. Estonian Acad. Sci., Tallinn. — P. 33–36.

16. Viira V. Lower and Middle Ordovician conodonts from the subsurface of SE Estonia and adjacent Russia // Estonian J. of Earth Sci. 2011. Vol. 60. N 1. — P. 1–21.

Искюль Георгий Сергеевич — аспирант, науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <gerald7@yandex.ru>.