

УДК 551.733.12.022.4(470.23/.24)

Г. С. Искюль (Институт Карпинского)

ЛИТОСТРАТИГРАФИЯ СРЕДНЕОРДОВИКСКИХ (ДАРРИВИЛЬСКИХ) ОТЛОЖЕНИЙ РЕКИ ВОЛХОВ, СЕВЕРО-ЗАПАД РОССИИ: АЗЕРИСКИЙ, ЛАСНАМЯГИСКИЙ И УХАКУСКИЙ ГОРИЗОНТЫ

Опорный разрез азериского–ухакусского горизонтов (средний ордовик) р. Волхов представлен дубовикской, порожско-валимской и вельской свитами. Дубовикская свита (азериский горизонт) принята в объеме толщи алевроглинистых известняков с *Echinosphaerites aurantim infra* Hecker и разделена на кавринскую, мельницкую, суосаарискую и жихаревскую пачки. Новая порожско-валимская свита (кровля азериского – низы ухакусского горизонтов) представлена чередованием пластов твердого известняка (0,4–1,2 м) и алевроглинистого известняка (0,16–2,4 м). Твердые известняки преобладают в порожской подсвите, алевроглинистые – в валимской подсвите. Вельская свита (верхняя часть ухакусского горизонта) представлена в нижней части чередованием мергеля и сильно алевроглинистого известняка (1 дм), в средней части – чередованием последнего с твердым известняком. Особенностью ухакусского горизонта р. Волхов является высокая глинистость и в то же время насыщенность слоями чистых биокластических грейнстоунов (темпеститов) толщиной до 11 см. Нижние границы свит и подсвит маркированы минерализованными хардграундами и их группами, которые прослеживаются от р. Волхов до Западной Эстонии.

Ключевые слова: ордовик, карбонатные отложения, фации, корреляция, Русская платформа.

G. S. Iskül (Karpinsky Institute)

LITHOSTRATIGRAPHY OF THE MIDDLE ORDOVICIAN (DARRIWILIAN) OF THE VOLKHOV RIVER: ASERI, LASNAMÄGI AND UHAKU REGIONAL STAGES

The key section of the Aseri, Lasnamägi and Uhaku Regional Stages (Middle Ordovician) on the Volkhov River is formed by the Duboviki, Porogi-Valim and Vel'sy formations. The Duboviki Formation (Aseri RS) corresponds to silt-argillaceous limestone unit with *Echinosphaerites aurantim infra* Hecker. It is subdivided into Kavra, Mel'nitsa, Suosaari and Jhikharevo members. The new Porogi-Valim Formation consists of Porogi Subformation (the top of the Aseri RS and Lasnamägi RS) and Valim Subformation (lower part of the Uhaku RS). The Porogi-Valim Formation shows decreasing carbonate content towards the top and is presented by intercalation of hard limestone units (0.4–1.2 m thick) and silt-argillaceous limestone units (0.16–2.4 m). The hard limestones dominate in the Porogi Subformation, the silt-argillaceous ones – in the Valim Subformation. The Vel'sy Formation (upper part of the Uhaku R. Stage) is formed by intercalation of marls and highly silt-argillaceous limestones. A common feature of the Ukhaku RS of the Volkhov River is a combination of a high silt-argillaceous background (limestones/marls) with frequent interlayers of pure bioclastic grainstones (tempestites). The lower boundaries of the formations and subformations are marked by mineralized hardgrounds and their groups, which can be traced from the Volkhov River to western Estonia.

Keywords: Ordovician, carbonate deposits, facies, correlation, Russian Platform.

Для цитирования: Искюль Г. С. Литостратиграфия среднеордовикских (дарривильских) отложений реки Волхов, Северо-Запад России: азериский, ласнамягиский и ухакусский горизонты // Региональная геология и металлогения. – 2024. – № 98. – С. 5–31.

Введение. Данная работа завершает литостратиграфическую характеристику дарривильских отложений разреза р. Волхов. Этот разрез является одним из наиболее представительных на Балтийско-Ладожском глинте и ключевым для анализа седиментационной цикличности и переинтерпретации структурно-картировочного бурения, однако его литология и литостратиграфия никогда не рассматривались в деталях. В предыдущей статье проведена литостратиграфическая ревизия кундаской части разреза, приведена краткая харак-

теристика седиментационного бассейна и методика исследования [11]. Данная статья посвящена вышележащей азериско-ухакусской части разреза. Содержание алевроглинистого компонента в известняках определено для 114 уровней, микроструктуры изучены в 40 стандартных петрографических шлифах и 30 пришлифовках. Структуры доломитизации определены в терминах Г. Фридмана [27], Д. Сибли и Д. Грэгга [38]. Привязка фауны дана в форме «1/Kv, +10 см», что означает «в 10 см над подошвой пласта 1/Kv».

Геологическое положение. Река Волхов впадает в Ладожское озеро с юга, в 8 км выше своего устья пересекает Балтийско-Ладожский глинт, на 20–30 м врезаюсь в нижнепалеозойские отложения. Южнее глинта карбонатный ордовик обнажен по реке с перерывами на протяжении 17 км от Старой Ладogi на севере до дер. Бор на юге. Здесь изучено девять обнажений (рис. 1), в сумме дающих почти полный разрез кундаского-ухакусского горизонтов и дарривильского яруса. Полевые фотографии приведены на рис. 2 и 3. Обнажения Волхов-1 (N59.914141, E32.335605; северная окраина бывшего с. Михаила Архангела) и Волхов-2 (N59.915097, E32.342911, под бывшей дер. Дубовики) расположены ниже плотины Волховской ГЭС на левом и правом берегах соответственно. В них можно наблюдать интервал разреза от верхов кундаского горизонта до ласнамягиского горизонта (пласты 2/Sm–5/Pr и 5/Sm–8/Pr соответственно). Обн. Волхов-3 расположено на правом берегу р. Волхов у спуска в городском парке (1,8 км выше плотины ГЭС; N59.897260, E32.346370); в нем представлена верхняя часть ласнамягиского и нижняя часть ухакусского горизонтов (пласты 7/Pr–2/Vm). Обн. Пороги-1 находится на левом берегу р. Волхов, в 2,75 км выше плотины ГЭС, у северной окраины дер. Пороги у спуска в каньон (N59.887507, E32.342265). В обнажении вскрыта верхняя часть ласнамягиского и нижняя часть ухакусского горизонтов (пласты 9/Pr–3/Vm) мощностью около 5 м. Обн. Пороги-2 расположено на границе деревень Пороги и Валим, в 3,25 км выше ГЭС, в устье небольшого ручья и по обеим сторонам от него (N59.883346, E32.345334). В нем вскрыты отложения ухакусского горизонта – верхняя часть порошко-валимской и подошва вельской свит (пласты 2/Vm–1/Vs) общей мощностью 6,2 м. Обнажения Валим-1 и Валим-2 расположены на правом берегу р. Волхов под лесопарком и позволяют наблюдать кровлю порошко-валимской свиты и нижнюю часть вельской свиты. Обн. Валим-1 находится в 300 м ниже памятника П. Г. Антипову (N59.874387, E32.356734); в нем представлены пласты 4/Vm–3/Vs. Обн. Валим-2 протягивается от остатков водокачки (N59.868355, E32.360464) на 100 м выше и ниже по течению. В нем вскрыт интервал разреза от кровли пласта 4/Vm до подошвы пласта 5/Vs. Участок обнажения сразу выше водокачки обозначен как Валим-2а. Обнажения Бор-1 (N59.859161, E32.353922) и Бор-2 (N59.859311, E32.359983) высотой около 4–5 м расположены между деревнями Валим и Бор на левом берегу выше ж/д моста и на правом берегу ниже ж/д моста соответственно. В первом представлены пласты 4/Vs–7/Vs, во втором – 4/Vs и подошва 5/Vs, перекрытая песчаником верхнего девона.

Региональная стратиграфия. Азериский, ласнамягиский и ухакусский горизонты среднего ордовика выделены на Эстонском глинте на основе изучения макрофоссилий (иглокожих, трилобитов, брахиопод, граптолитов и др.). Стратиграфия этих

отложений на Ингерманландском глинте основана на трилобитах, но нижние границы ласнамягиского и ухакусского горизонтов по ним точно не определены [9; 10; 29]. Важное значение для стратиграфии ордовика Восточной Прибалтики имеют поверхности перерыва, к которым привязаны границы региональных горизонтов и подгоризонтов [8–10; 18; 19; 21; 33; 35]. Для них автором была введена буквенно-числовая индексация: заглавная буква – первая в названии горизонта, цифра – порядковый номер снизу вверх (например, A1–A3, L1–L3, U1–5). В ходе исследований представление автора о положении нижней границы ласнамягиского горизонта несколько изменилось (для сравнения [12]), но индексацию поверхностей L1a–L3 было решено не менять.

Азериский горизонт выделен Х. Беккером [23], в принятом ныне объеме введен К. Орвику [33]. Стратотип расположен в старой каменоломне у пос. Азери. На Ингерманландском глинте горизонт разделен на трилобитовые зоны *heckeri*, *kotlukovi-punctatus* и *intermedius-kowalewskii* [10; 29]. Нижние две зоны сопоставляются с подгоризонтом люганузе, верхняя – с подгоризонтом виймси, по А. Рьымусоксу [21]. Нижняя граница горизонта маркирована поверхностью перерыва A1 и сменой комплексов макрофауны [8; 10; 15; 17; 18; 21; 29; 33; 35]. Для ее диагностики важное значение имеет присутствие трилобитов узкого вертикального распространения *Asaphus laevisimus* F. Schmidt (непосредственно ниже) и *A. heckeri* Ivantsov, *Subasaphus latisegmentatus* (Nieszkowskii) (непосредственно выше) [9; 10; 29]. Несколько выше появляются цистоидеи *Echinosphaerites aurantium infra* Hecker, которые, как считается, ограничены азериским горизонтом [16; 21].

Ласнамягиский горизонт выделен К. Орвику [34], в настоящем объеме введен Р. Мяннилем [18]. Стратотип расположен в районе Ласнамяги, г. Таллин, Эстония; нижняя граница там представлена хорошо выраженной поверхностью перерыва [18; 34]. Список макрофауны приведен А. Рьымусоксом (в его понимании это калластеский подгоризонт ласнамягиского горизонта [21]). На Ингерманландском глинте верхняя часть горизонта была выделена как зона *Asaphus ornatus* (А. Ф. Лесникова в [4]) или слои *bottnicus-ornatus* [10; 29]. За нижнюю границу ласнамягиского горизонта в данной работе принят хардграунд L3, выше которого на реках Волхов и Лава не встречен *Asaphus kowalewskii* Lawrow (вид-индекс последней зоны азериского горизонта) и сопутствующие ему позднеазериские трилобиты (см. разд. «Биостратиграфия»).

Ухакусский горизонт выделен К. Орвику [34], в настоящем объеме введен Р. Мяннилем [15]. Стратотип расположен в каньоне р. Ухаку, Эстония. Нижняя граница проведена по сдвоенной пиритизированной поверхности перерыва [18]. Список макрофауны приведен А. Рьымусоксом (в его понимании это кадакский подгоризонт ласнамягиского горизонта и ухакусский горизонт [21]). На Ингерманландском глинте нижняя граница ухакусского горизонта определена не точно. Горизонт

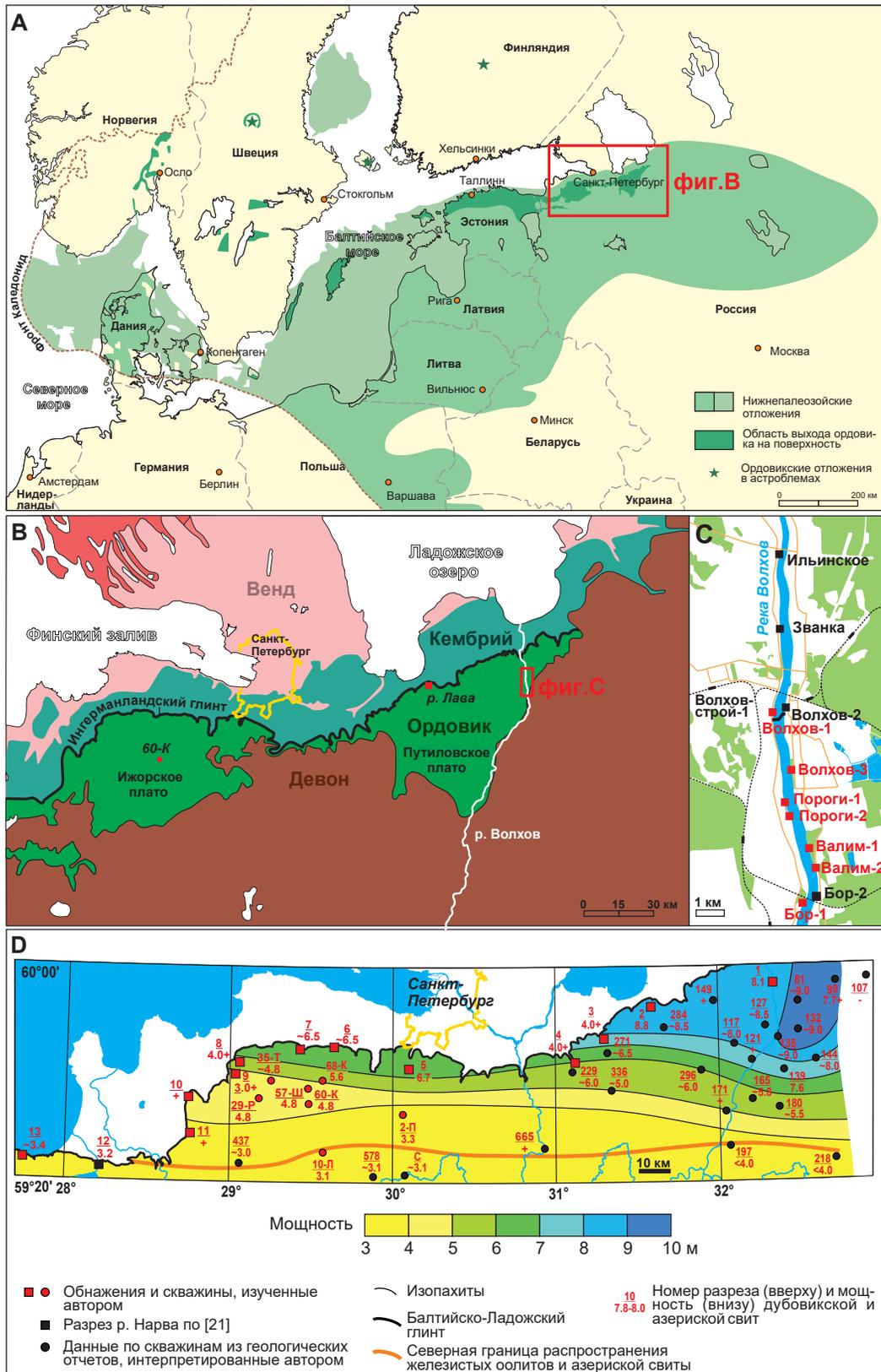


Рис. 1. А – распространение нижнепалеозойских отложений в Северной Европе по [31; 32], с изменениями. В – геологическая карта Ингерманландского глинта с указанием разрезов, коррелируемых на рис. 9. С – изученные обнажения на р. Волхов. D – распределение мощностей дубовикской (на севере) и азерской (на юге) свит азерского горизонта; граница свит примерно соответствует северной границе распространения железистых оолитов

Номера разрезов: 1 – Волхов-1, 2 – р. Лава, 3 – р. Назия, 4 – р. Мга, 5 – карьер Тайцы, 6 – карьер Вильповицы, 7 – р. Рудица, 8 – р. Копорка, 9 – карьер у р. Ламошка, 10 – шоссе выемка у пос. Котлы, 11 – карьер Пиллово, 12 – р. Нарва, 13 – р. Сытке. Скважины, изученные автором: Лисино-10 (10-Л), Рукулицы-29 (29-Р), Тягино-35 (35-Т), Шелково-57 (57-Ш), Кемполово-60 (60-К), Клясино-68 (68-К), Парицы-2 (2-П). Скважины, интерпретированные по описаниям в геологических отчетах В. А. Селивановой и др., 1960, 1966 (81, 117, 127, 132, 135, 139, 144, 165, 180, 197, 2018, 437, 578), И. С. Недригайловой и др., 1965 (229, 271, 284, 296, 336), Т. Н. Алиховой, 1953 (Сиверская, С)



Рис. 2. Дубовикская и порожско-валимская свиты

A, B – дубовикская свита, разрез Волхов-1 в 2023 г. (A) и в 2001 г. (B, фото А. В. Дронова); C – контакт дубовикской и порожско-валимской свит в оползающем блоке, разрез Волхов-1, устье руч. Понега, 2023 г.; D – контакт порожской и валимской подсвит, разрез Пороги-1, 2020 г.; E – контакт порожской и валимской подсвит, разрез Волхов-3, 2020 г.; F – верхняя часть валимской подсвиты, разрез Валим-1, 2020 г.

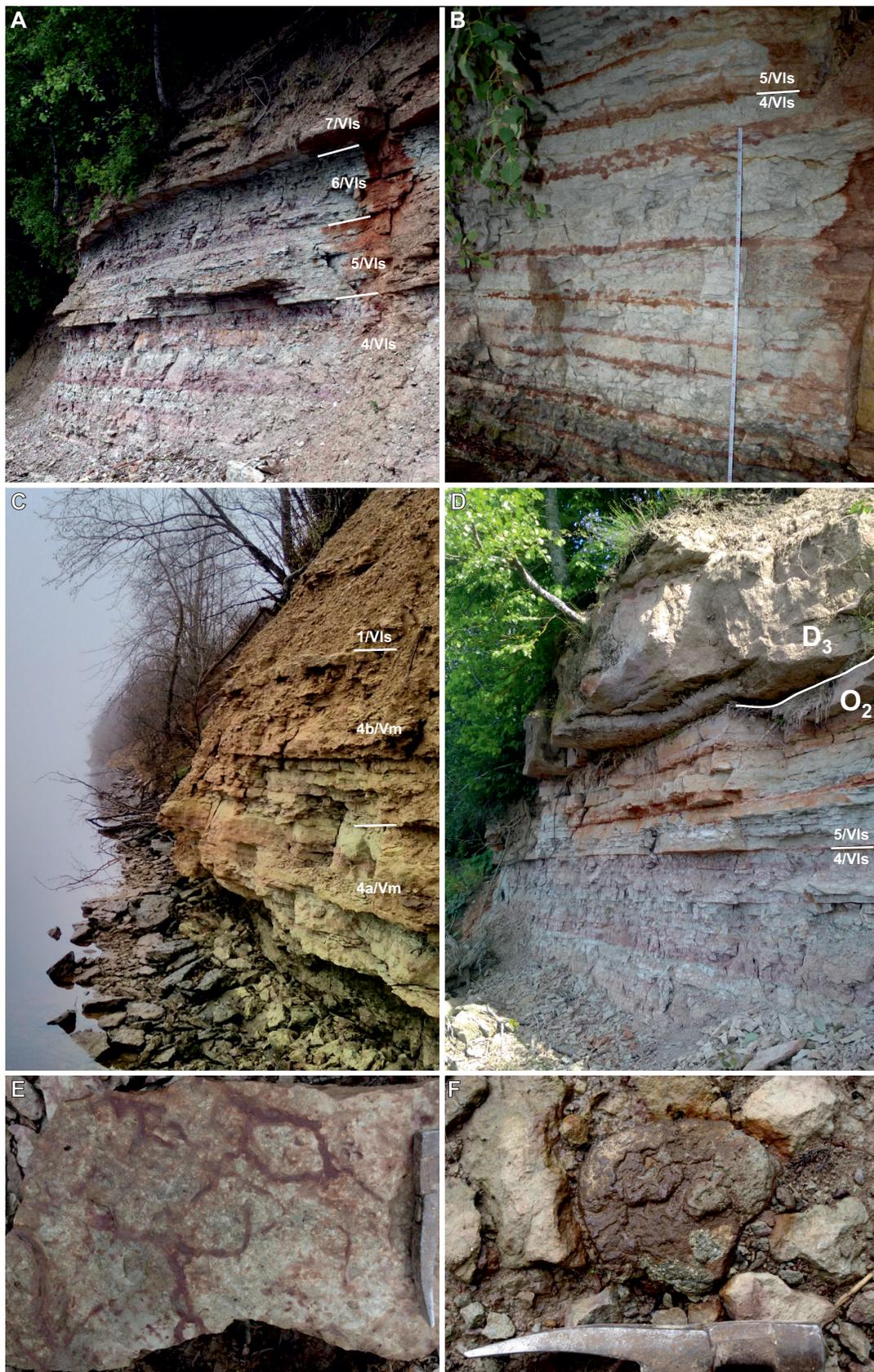


Рис. 3. Вельская свита. Все фотографии (кроме фиг. С) сделаны в 2022 г.

А – разрез Бор-1. Слои чистых известняков выступают резкими карнизами, в окраске алевроглинистых известняков проявлено чередование бледно-сиреневых и светло-серых горизонтов. В – разрез Бор-1, южный конец: измененная окраска алевроглинистых известняков (сероватая) и относительно чистых известняков (рыжая, красная) вблизи вертикальной трещины. С – разрез Валим-1, контакт порожско-валимской и вельской свит хорошо проявлен в профиле выветривания, 2020 г. D – разрез Бор-2, пласт 5/Vls представлен только нижней половиной, на которой несогласно лежат песчаники верхнего девона. E – гематитизированные норы баланоглосситов в твердом известняке пласта 5/Vls. Разрез Бор-1, осыпь. F – крупная пиритовая конкреция в алевроглинистом известняке, «пляж» разреза Бор-1. Длина молотка – 18 см

был подразделен на слои с *Xenasaphus* [10; 29], *Iliaenus intermedius*, *Iliaenus schmidti* и *Chasmops odini* [20]. Слои с *Xenasaphus* представляют собой суммарный интервал распространения *X. mjannili* Ivantsov и *X. devexus* (Eichwald) и потому обозначены в данной работе как слои *mjannili–devexus*. Остальные виды требуют ревизии и уточнения их стратиграфического распространения. Так, *Chasmops odini* (Eichwald) обнаружен на р. Волхов уже слоях *mjannili–devexus* (личное сообщение С. С. Тереньтева), а в карьере Глядино на Ижорской возвышенности – вместе с *Asaphus bottnicus* Jaanusson (личное сообщение А. В. Бродского), т. е. в слоях *bottnicus–ornatus*.

Стратиграфическое расчленение азериско-ухакусского интервала р. Волхов с учетом различных литологических признаков предлагали Ф. Б. Шмидт [36; 37], П. Раймонд [35], А. Ф. Лесникова [4], Е. А. Балашова и З. Г. Балашов [3; 4] и А. Ю. Иванцов [10; 29] (рис. 4). Ярусы Ф. Б. Шмидта и формации П. Раймонда по существу напоминали современные горизонты – они характеризовались определенными комплексами макрофауны, объединяли синхронные отложения различного литологического типа, но границы их проводились по маркирующим литологическим уровням. Свиты в более узком литологическом и географическом смысле были впервые выделены для азериско-ухакусского интервала р. Волхов А. Ф. Лесниковой (волховстройская, порожская, валимская, вельская; см. в [4]). Интерпретируя данные А. Ф. Лесниковой, Е. А. и З. Г. Балашовы перевели эти свиты в ранг подгоризонтов, значительно изменив объем валимского подгоризонта (по существу, исходя из второстепенных литологических критериев). В «Решениях...», 1987» [20] для приглинтовой части России (района 2) представлена синтезированная схема свитного деления, объединившая дубовикскую свиту П. Раймонда (географически более узкую, чем в оригинале) с порожской–вельской свитами А. Ф. Лесниковой.

В настоящее время существуют две концепции свитного деления азериско-ухакусского интервала Ингерманландского глинта. Стратиграфы делят его на четыре свиты, следуя «Решениям...», 1987» [8; 10; 20; 29], геологи-съемщики рассматривают как одну (медниковскую), но из двух подсвит [6]. Напомним, что в «Решениях...», 1987» «ингерманландская» часть ордовикского поля была поделена между тремя стратиграфическими районами, каждый со своими свитами в азериско-ухакусском интервале: кандлеской, вясской, кыргекаллаской (район 1, междуречье Нарва–Луга), дубовикской, порожской, валимской, вельской (район 2, приглинтовые части Ижорской и Волховской возвышенностей) и медниковской (район 3, южные части Ижорской и Волховской возвышенностей и др.) [20]. Медниковская свита была предложена В. Ю. Горянским и Л. Е. Поповым [20] без указания стратотипа. Название было дано по дер. Медниково на Ижорской возвышенности [22], так что в качестве стратотипа, по-видимому, подразумева-

лась скв. 343, пробуренная на ее окраине и описанная в отчете В. А. Селивановой и др. (1966)¹. Как показало изучение скв. Кемполово-60, пробуренной в 4 км севернее дер. Медниково (район 3), а также основных обнажений вдоль глинта Ижорской возвышенности в азериско-ухакусском интервале развита однотипная последовательность свит: дубовикской, порожско-валимской (пусть и более карбонатных, чем на р. Волхов) и кыргекаллаской (пусть и почти без кукерситов, в отличие от района 1). Иными словами, медниковская свита – единица, выделенная без необходимости. В более поздних материалах геологического картирования это название стало использоваться для обозначения азериско-ухакусских отложений всех трех районов [6]. Можно понять желание геологов-съемщиков облегчить себе работу и картировать одно подразделение вместо семи, но для этого достаточно выделить надсвиту или серию, а не упразднить валидные свиты с более чем полувековой историей применения. В данной работе используется свитное деление «Решений...», 1987» с изменениями. Различное понимание границ свит у разных авторов обосновывается при описании этих подразделений.

В начале XX века Р. Ф. Геккер для послышной привязки иглокожих подразделил азериско-ухакусскую часть разреза р. Волхов на условные горизонты «а»–«z», «приурочивая их границы к хорошо отличимым чертам рельефа его профиля» ([5], с. 49). К сожалению, Р. Ф. Геккер не дал описание мощности и характерных особенностей своих подразделений (далее называем их слоями во избежание путаницы с региональными горизонтами). Эти данные были приведены в более поздних работах его коллег (например, [4]). В настоящее время могут быть уверенно диагностированы лишь слои «k» и «q», представляющие собой плиты твердого известняка, выступающие карнизами в обнажениях [10; 29]. Границы остальных слоев Р. Ф. Геккера могут быть намечены лишь приблизительно, поскольку они не совпадают с границами реально наблюдаемых литологических тел. Где-то эти расхождения незначительны (слои «i», «p», «g», «t»), но обычно заметны. Является ли это результатом неверного определения мощности слоев последователями Р. Ф. Геккера или его подхода к выделению слоев, сейчас трудно установить. В данной работе деление Р. Ф. Геккера используется как вспомогательное для иллюстрации примерного соотношения выделяемых подразделений со схемами придельников.

Результаты. Составлен сводный разрез азериско-ласнамягиского и нижней части ухакусского горизонтов р. Волхов (рис. 5, 6). Изображения наи-

¹ Селиванова В. А. и др. Отчет о геолого-гидрогеологической съемке бассейна нижнего течения р. Волхова в масштабе 1 : 200 000 за 1964–1965 гг. (Ленинградская область, Волховский, Киришский и Тихвинский районы). Л., 1966. Т. 2. Кн. 1. Текстовые приложения. Фонды ВСЕГЕИ, № 1292.

Система		Отдел		Ярус		Горизонт		Geologic Time Scale, 2020								
Верхний	Харьковский	1	2	Поркунский	Ярус Подъярсы	Ламанский, 1901, 1905	Raymond, 1916	Лесникова (в: Балашова Балашов, 1961)	Балашова, Балашов, 1959, 1961	Мяги, 1984	Решения... 1987	Иванов, 1987; 2004; Иванова, Мельникова, 1998, 2003; Ivantsov, 2003	Исколь, 2023 и данная работа			
														Подъярсы	Горизонты Подъярсы	Свиты
	Средний	Сандыковский	Sa2	Sa1	Хальпялаский	Echinospaeritenkalk C1	C1	Reval	Dubowiki	Дубовицкий	Дубовицкая	Порожская	Порожская	Порожская	Порожская	
																Сандыковский
		Ларевский	Dw2	Dw1	Азерский	Вагинатенкальк B3	V _{III} ^γ	V _{III} ^β	Kunda	Обуховский	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская
		Липинский	F3	F2	Биллингенский	Вагинатенкальк B2	V _{III} ^α	V _{III} ^β	Waikhow	Обуховский	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская
		Нижний	Трематокский	T3	T2	Хуннебергский	Glaukontenkaik B2a	V _I ^α	Waikhow	Обуховский	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская
Флопский	F1		F2	Флопский	Вагинатенкальк B2	V _I ^γ	V _I ^β	Waikhow	Обуховский	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская		
															Флопский	Флопский
Дикари	T1	T2	Варангуский	Вагинатенкальк B2a	V _I ^α	V _I ^β	Waikhow	Обуховский	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская	Обуховская		
															Дикари	Дикари

Рис. 4. Сопоставление схем литостратиграфического расчленения карбонатной части нижнего-среднего ордовика р. Волхов. Охристой заливкой показаны реальные объемы нижнего и верхнего «чечевиных слоев»

а

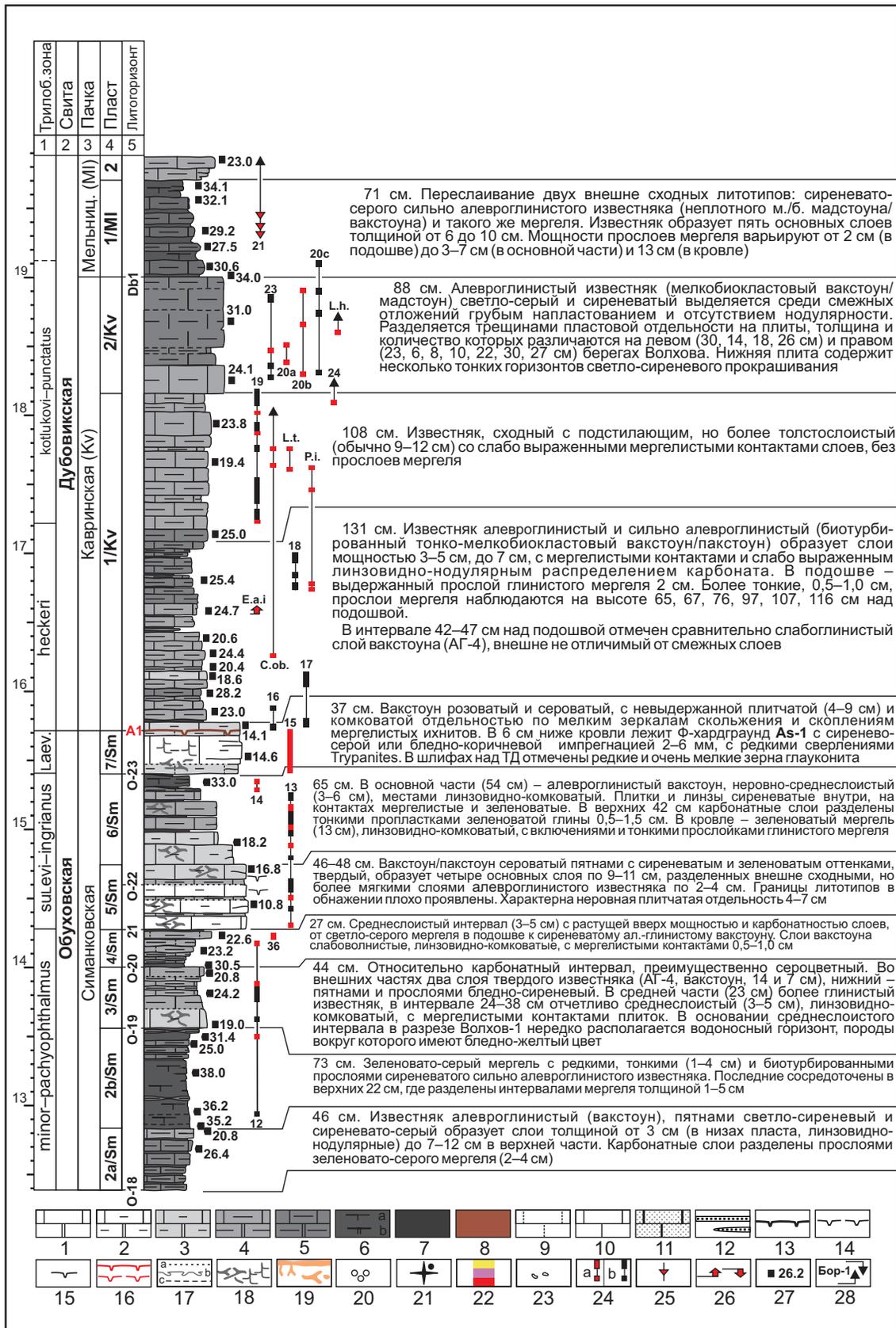
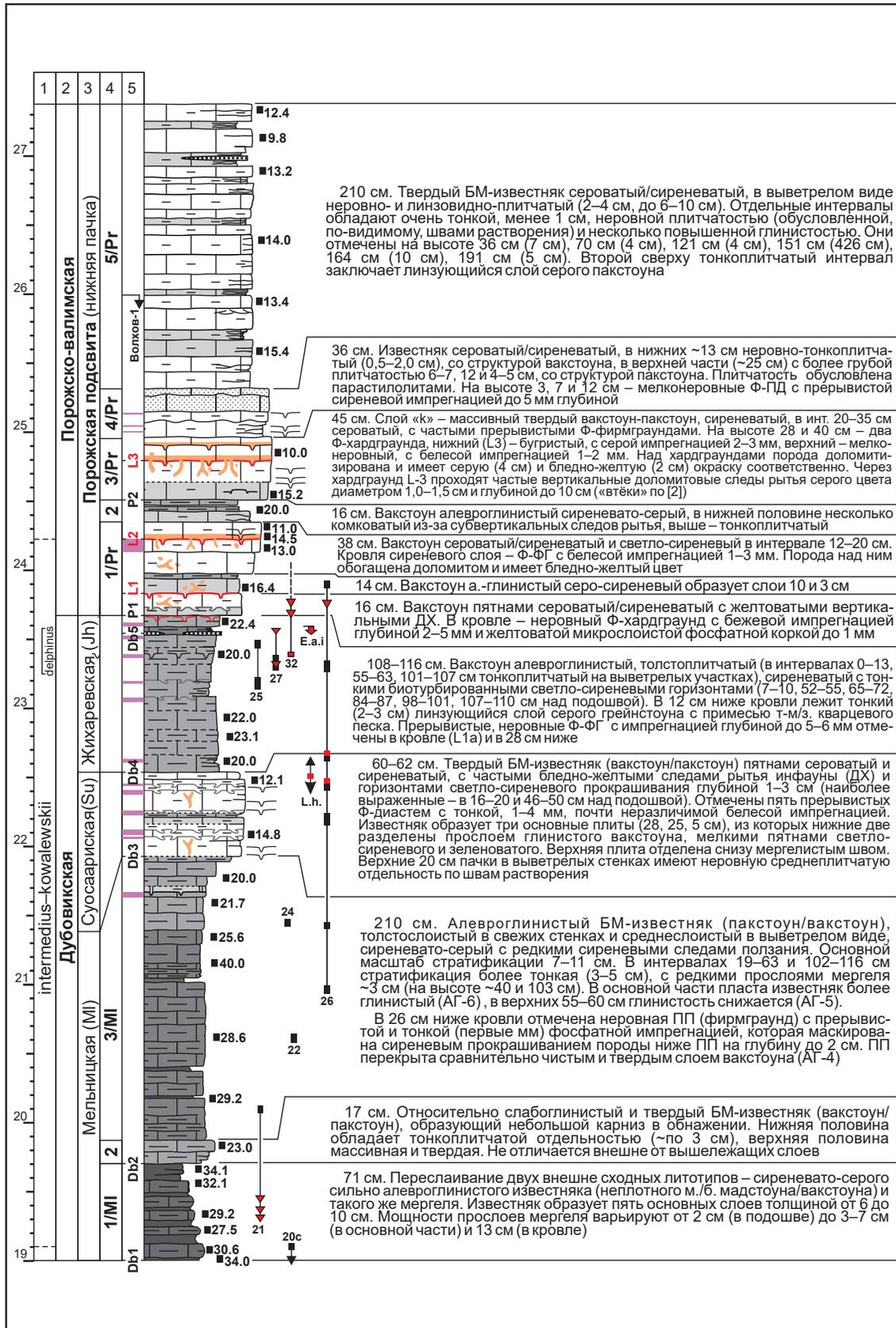


Рис. 5. Сводный разрез дубовикской, порожско-валымской и вельской свит на р. Волхов. Трилобитовые биозоны приведены по [10; 29] с изменениями. Сокращения в описании: ФГ, ХГ – фирмграунд, хардграунд; Ф, ГФ – фосфатный, гематит-фосфатный; ДХ – доломитизированные ходы инфавны. Сокращения на колонке: laev. – laeivissimus.

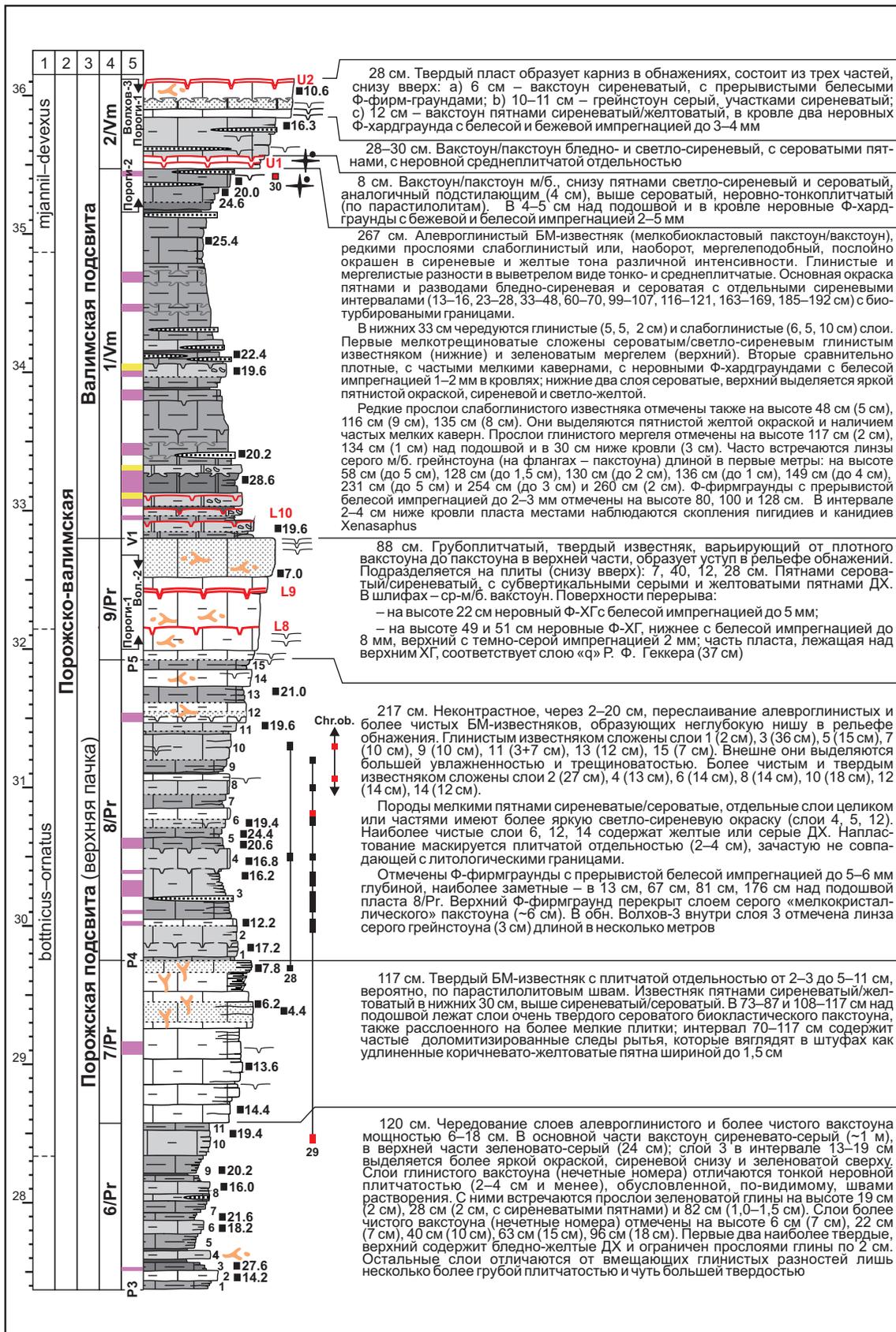
1–5 – известняки и доломитизированные известняки с содержанием алевроглинистого (%) компонента: 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30 соответственно; 6 – мергель (а) и доломитовый мергель (b), 30–50% алевроглинистого компонента; 7 – то же, 50–70% алевроглинистого компонента; 8 – кукерсит; 9, 10 – бикласто-микроспаритовая структура, вакстоун/мадстоун (9), вакстоун/пакстоун (10); 11 – однородная структура пакстоуна; 12 – «событийные» слои грейнстоуна; 13–15 – фосфатизированные поверхности «твердого

6



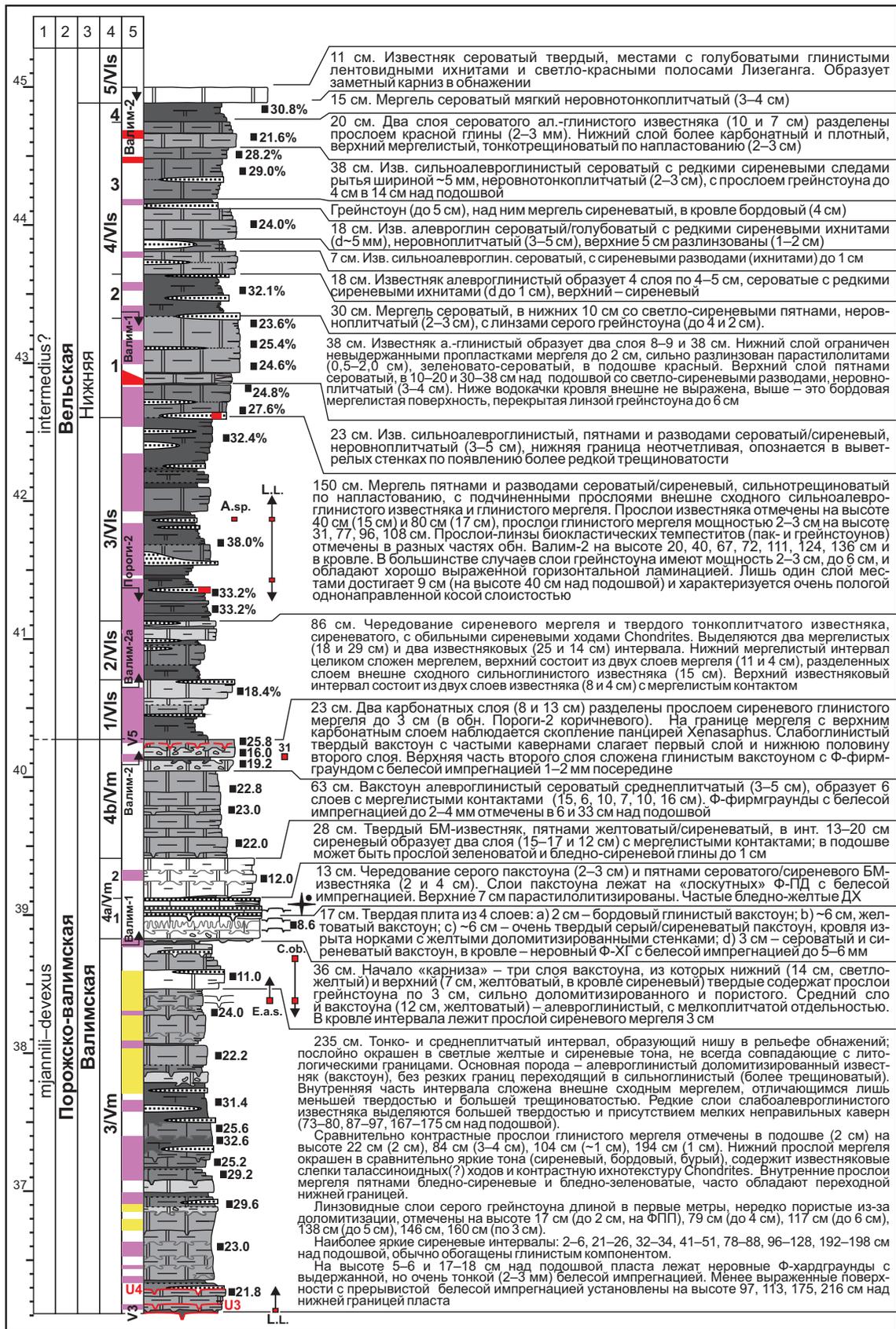
дна» (13), «плотного дна» (14) и «мягкого дна» (15); 16 – маркирующие поверхности перерыва; 17 – контакты литотипов переходные (а) и биотурбированные (b), выдержанные трещины пластовой отдельности (с); 18 – следы рытья с мергелистым и глинистым заполнением, близкие к талассиноидам (а) и хондритам (b); 19 – доломитизированные следы рытья; 20 – примесь кварцевого песка; 21 – скопления кальцитизированных спикул губок; 22 – уровни с преобладающей относительно яркой красной, сиреневой и желтой окраской; 23 – каверны; 24 – распределение фауны по данному автору (а), А. Ю. Иванцова [10; 29] (b); 25 – адаптированные данные с разреза р. Лава; 26 – первые находки долгоживущих видов; 27 – процентное содержание алевроито-глинистой примеси; 28 – начало и конец того или иного обнажения. ►

В



► Номера видов: 12 – *Asaphus pachyophthalmus*, 13 – *Asaphus sulevi*, 14 – *Asaphus ingrianus*, 15 – *Asaphus laevissimus*, 16 – *Asaphus heckeri*, 17 – *Subasaphus latisegmentatus*, 18 – *Subasaphus laticaudatus*, 19 – *Asaphus kotlukovi*, 20a – *Asaphus punctatus f. typica*, 20b – *Asaphus punctatus f. «2»*, 20c – *Asaphus punctatus f. indet.*, 21 – *Asaphus intermedius*, 22 – *Asaphus kowalewskii*, 23 – *Asaphus cornutus*,

Г



24 – *Asaphus latus*, 25 – *Asaphus plautini*, 26 – *Asaphus holmi*, 27 – *Delphasaphus delphinus*, 28 – *Ogmasaphus ornatus*, 29 – *Asaphus bottnicus*, 30 – *Xenasaphus mjannili*, 31 – *Xenasaphus devexus*, 32 – *Pseudobasilicus lawrowi*, 35 – *Iliaenus laticlavus*.
Обозначения прочих таксонов: E.a.i – *Echinospaerites aurantium infra*, E.a.s – *Echinospaerites aurantium supra*, Chr.ob. – *Christiania oblonga*, L.l. – *Leptelloidea leptelloides*, P.d. – *Porambonites deformata*

более характерных микроструктур приведены на рис. 7, поверхностей перерыва – на рис. 8. Корреляция седиментационных единиц и маркирующих уровней вдоль Ингерманландского глинта, кривая затопления-обмеления и примерное сопоставление слоев Р. Ф. Геккера с предлагаемыми здесь подразделениями приведены на рис. 9. Свитное деление принято согласно «Решениям..., 1987» (стратиграфический район 2) с изменениями – порожская и валимская свиты приняты как одноименные подсвиты новой порожско-валимской свиты, поскольку было установлено, что их стратотипы близки по литологии и строению. Границы дубовикской и вельской свит уточнены по литологическим критериям; в ревизованных границах дубовикская, порожско-валимская и вельская свиты предстают как литологически целостные подразделения, первое и третье сравнительно мергелистые, второе – сравнительно карбонатное.

Основные черты литологии дарривильских отложений р. Волхов. Породы представлены в основном биокластическими известняками, варьирующими от алевроглинистого мадстоуна/вакстоуна до чистого грейнстоуна. Сравнительно илистые разности сильно биотурбированы, сравнительно чистые содержат доломитизированные в диагенезе норы инфавны и редкие фосфатизи-

рованные поверхности перерыва. С известняками ассоциируют прослои мергеля (в различной степени глинистого) мощностью обычно 0,5–1,0 см, в нижней трети вельской свиты – 4–50 см. В обнажениях по р. Волхов можно наблюдать неровное срезание вельской свиты поверхностью континентального перерыва, перекрытой песчаниками верхнего девона. Вельская и, местами, валимская свиты доломитизированы; интенсивность доломитизации усиливается вверх по разрезу и в сторону крупных секущих трещин.

Окраска. Типичной окраской пород в обнажениях является сочетание светлых сиреневых и серых тонов в различном соотношении. Сиреневые тона являются результатом гипергенного окисления тонкодисперсного аутигенного пирита; наиболее яркие тона связаны с прокрашиванием ходов инфавны и с редкими сиреневыми горизонтами (диастемами?) толщиной 2–15 см с биотурбированными контактами. Сиреневатая и бледно-сиреневая пятнистая окраска более характерна для алевроглинистых известняков и реже встречается в чистых (чем ярче, тем реже). Бледно-сиреневые/сиреневатые тона в различном сочетании с зеленоватыми характерны для обуховской (примерно поровну) и дубовикской (первые преобладают) свит. Яркие сиреневые тона в соче-

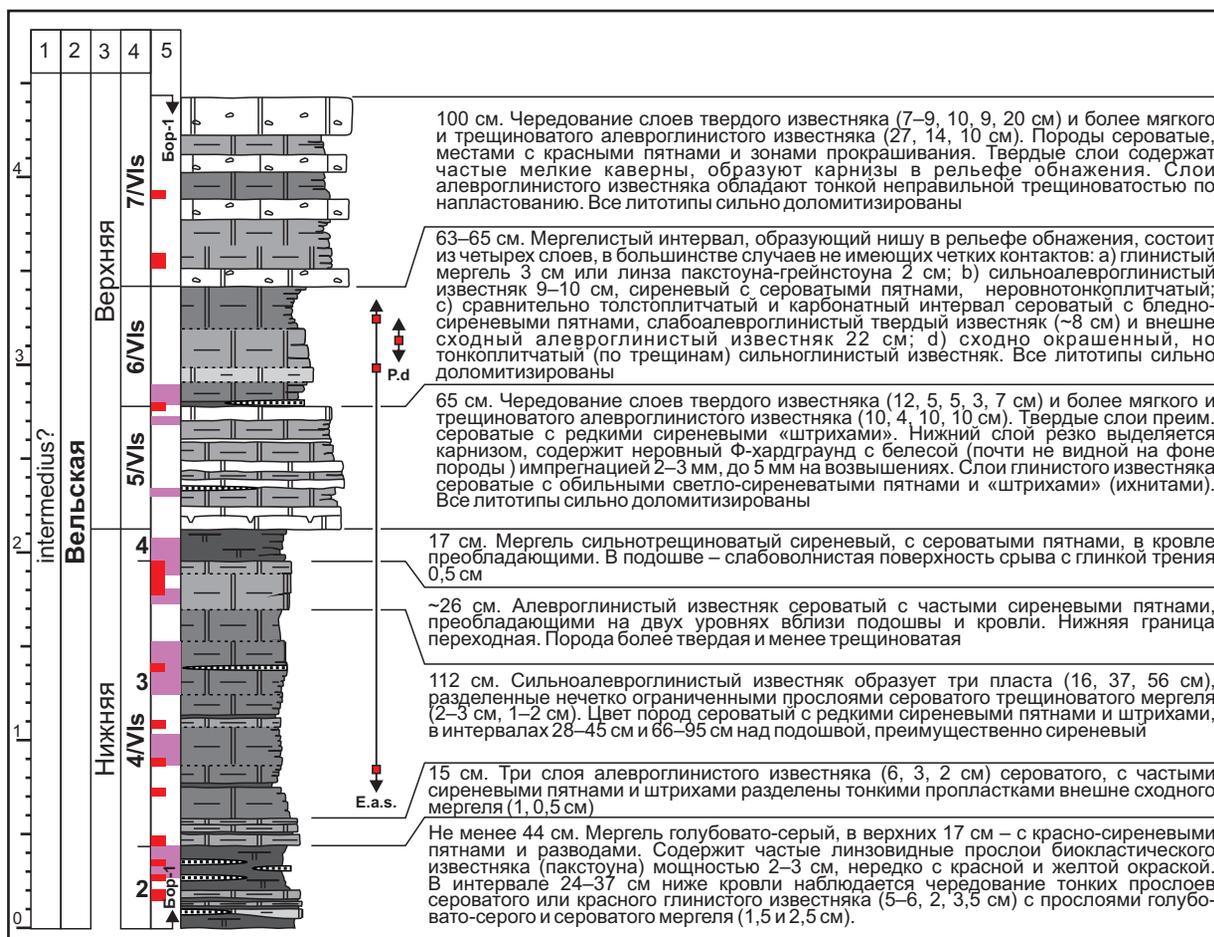


Рис. 6. Разрез вельской свиты в обн. Бор-1

Условные обозначения см. на рис. 5

тании с голубовато-сероватыми характерны для валимского и вельского интервалов, в последнем яркость окраски дополняется вишневым и бордовым прокрашиванием тонких биокластических слоев. Напротив, сероватая, светло-серая, сиреневато-сероватая фоновая окраска типична для сравнительно чистых известняков, которые почти

целиком слагают порожекскую подсвиту и отдельные пласты и пачки в остальных частях разреза. Серые тона на участках доломитизации (порожско-валимская свита; рис. 3, С) и в верхних частях обнажений, где ощущается илливиальное влияние современного почвенного горизонта, замещаются бледно-желтыми. Однако все эти различия

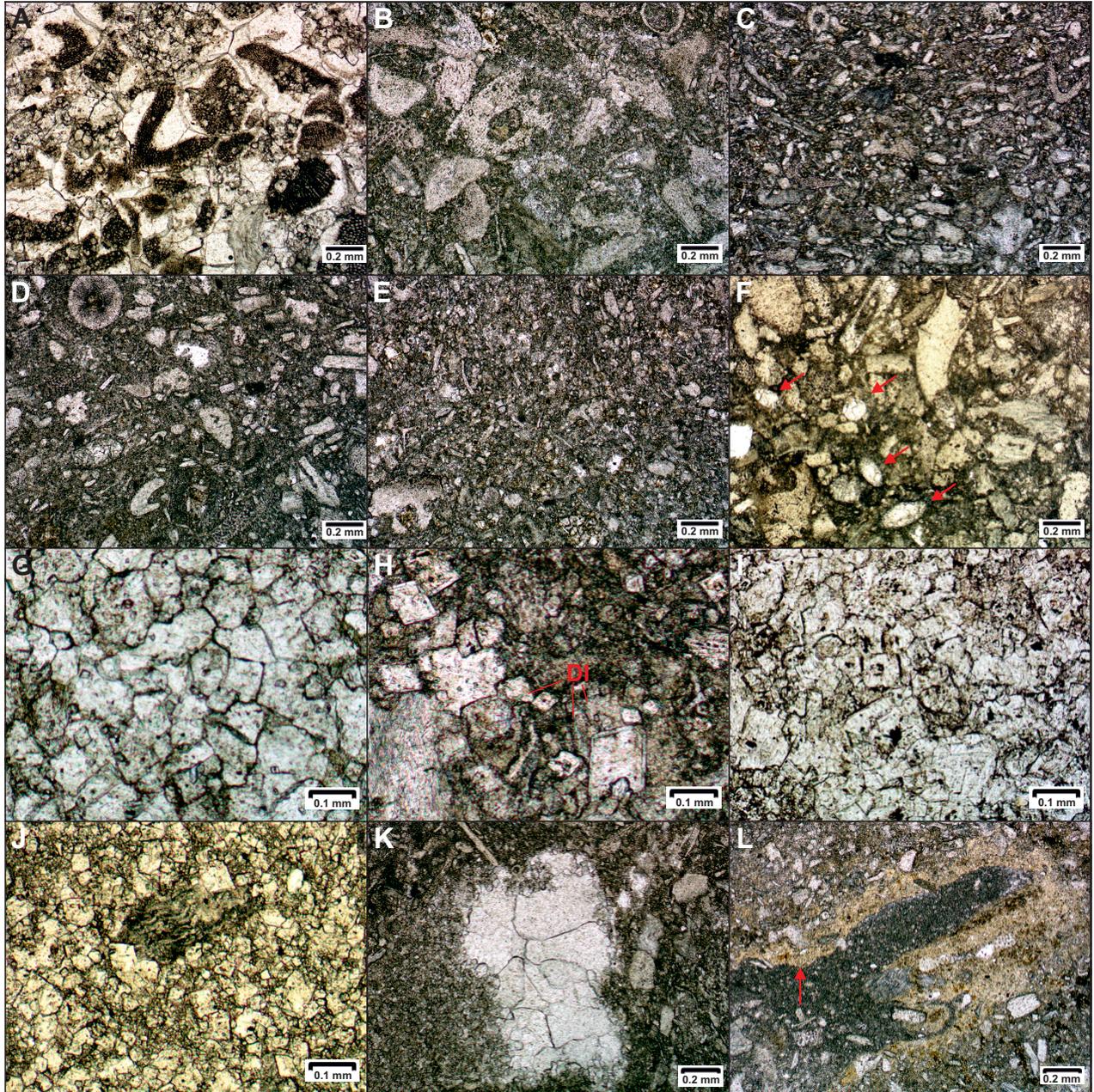
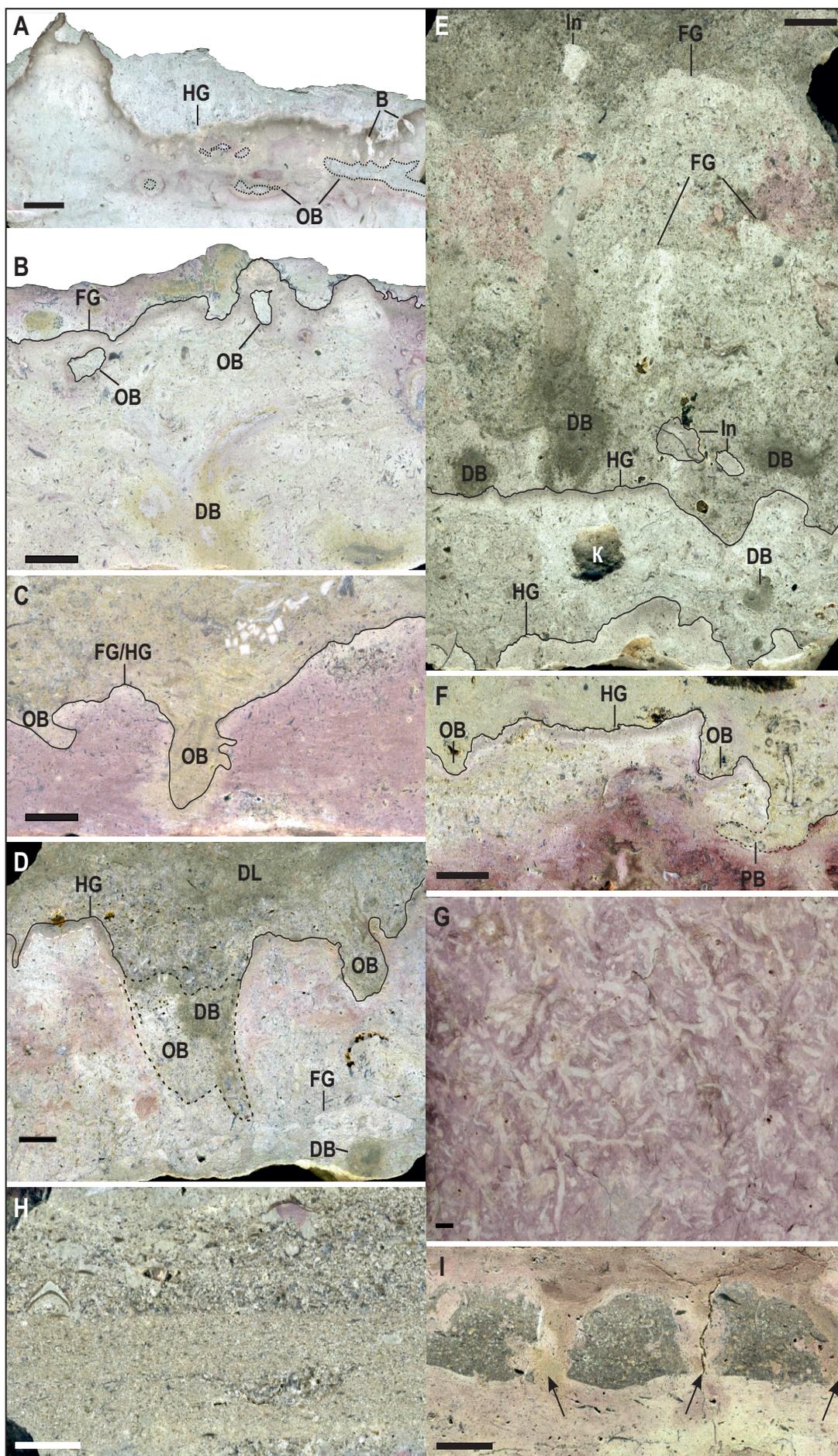


Рис. 7. Фотографии шлифов

А – среднезернистый эхинодерматовый грейнстоун, вельская свита, Валим-2. В–Е – различные типы структур в одном шлифе глинистого БМ-известняка: средне-крупнозернистый пакстоун (В), тонкозернистый пакстоун (С), тонко-мелкозернистый вакстоун (D), микробиокластовая структура (Е); верхи пласта 3/М1, Волхов-2. F – кальцитизированные спикулы губок (красные стрелки) в мелко-среднезернистом пакстоуне, БМ-известняк пласта 2/Мm, Пороги-1. G, H – доломитизация 1-й генерации в пласте 3/Pr, варьирующая от с-планарной 0,04–0,16 мм в доломитовом «слое» (G) до э-планарной порфировотной 0,04–0,14 мм вне его. I, J – различия структур 2-й генерации доломитизации в зависимости от содержания глинистой примеси: с-планарный доломит 0,02–0,12 мм по твердому известняку пласта 5/Vls (I) и более тонкий э-планарный доломит 0,02–0,06 мм по глинистому известняку, пласт 4/Vls (J), Бор-1. K – кальцитовое заполнение микрополости, возникшей в результате прохождения илоеда через осадок. Пласт 1/Кv, Волхов-1. L – хардграунд L1 с тонкой коричневатой полосой фосфатизации (стрелка) несет тонкий след рытья (по центру), заполненный мадстоуном. Вмещающая порода – мелкобиокластовый вакстоун. Пласт 1/Pr, Волхов-2



окраски имеют значение только для обнажений, тогда как в скважинах глубже 30–40 м от дневной поверхности цвет пород становится сероватым и зеленовато-серым.

Седиментационные структуры. Известняки характеризуются биокластическими (скелетными) структурами ряда грейнстоун-мадстоун, которые практически не меняются по разрезу в плане размера, морфологии и группового состава скелетных зерен. Слои с выдержанной структурой грейнстоуна или пакстоуна редки (рис. 7, А). Большинство слоев в масштабе шлифа демонстрируют пятнистое распределение структур пакстоуна, вакстоуна и мадстоуна, причем первые два типа могут быть средне-, мелко- и тонкозернистыми в разных частях одного шлифа (рис. 7, В–Е). Структурная неоднородность является следствием переработки осадка инфауной, которая перемешивала слойки с разной структурой или создавала свои структуры за счет концентрации зерен или матрикса. Например, участкам мадстоуна в шлифах обычно отвечают ходы инфауны диаметром 1–2 мм с илистым заполнением. Структурно-неоднородные известняки характеризуются преобладанием микроспаритового матрикса над скелетными зернами, из-за чего их нередко называют вакстоунами [11; 13; 32], что вряд ли правильно. В данной работе такие породы обобщенно называются биокласто-микроспаритовыми (сокращенно БМ).

В составе скелетных зерен доминируют иглокожие, остракоды, брахиоподы и трилобиты. С верхней части ласнамягиского горизонта в сравнительно чистых известняках начинают встречаться небольшие скопления кальцитизированных триаксонов губок (рис. 7, F). Содержание алеврито-глинистой силицикластики (<50µm) увеличивается от грейнстоунов (<2%) к пакстоунам (5–8%), плотным (вакстоун/пакстоун; 9–23%) и неплотным (вакстоун/мадстоун; 25–28%) биокласто-микроспаритовым известнякам.

Стратификация. Известняки, мергели и глины образуют слои, выдержанные по мощности в пределах изученного участка долины р. Волхов. Исключением являются тонкие слои биокластического грейнстоуна, особенно частые в ухакусских отложениях и единичные в азериско-ласнамягиских. Это линзовидные слои мощностью 1–11 см с эрозионными подошвами, биотурбированными кровлями, тонкие слабо градационные (1–2 см), более мощные нередко обладают горизонтальной и даже косо́й микрослойчатостью. Такие слои не

выдерживаются даже в пределах сотни метров, демонстрируя латеральные переходы от грейнстоуна к пакстоуну. Они могут быть интерпретированы как темпеститы, в формировании которых (по крайней мере, некоторых) определенную роль играл латеральный перенос скелетных зерен.

Поверхности перерыва в известняках представлены несглаженными софт-, фирм- и хардграундами с фосфатной импрегнацией, интенсивность которой возрастает от первых к третьим [13]. Хардграунды (=поверхности «твердого дна») обладают сплошной импрегнацией, которая распространяется также на стенки нор и сверлений (рис. 8, А, В). В некоторых случаях импрегнация постепенно исчезает в глубь нор (рис. 8, D). Фирмграунды (=поверхности «плотного дна») обладают более тонкой и слабой импрегнацией, сквозь которую проходят крупные (диаметром более 4–5 мм) пост-омиссионные следы рытья. Софтграунды (=поверхности «мягкого дна») обладают лоскутной слабой импрегнацией, интенсивно пронизанной мелкими пост-омиссионными следами рытья до появления «кружевной» текстуры. Импрегнация азериско-ухакусских фирм- и хардграундов обычно очень тонкая (2–3 мм) в противоположность кундаским (5–15 мм) (рис. 8, В–F). Нередко с ними ассоциируют угловато-изометричные интракласты размерами до 1 см (рис. 8, E), скорее всего, связанные с разрушением этих поверхностей крупной инфауной.

Циклостратификация. Как и в подстилающем кундаском горизонте, в рассматриваемых отложениях наблюдается чередование «карбонатных» и «мергелистых» седиментационных единиц метрового масштаба с обычно резкими границами [11]. «Карбонатные» единицы представляют собой сравнительно конденсированные интервалы разреза с частыми фосфатизированными поверхностями перерыва и доломитизированными норами инфауны; они выделяются сравнительно высокой карбонатностью, твердостью, массивностью и концентрацией биокластов (рис. 8, А–E). «Мергелистые» единицы обычно в 2–5 раз мощнее и сложены тонко- и среднеслоистым алевроглинистым известняком, сравнительно илистым (вакстоун, мадстоун), нередко с подчиненными тонкими прослоями мергеля. В целом «карбонатные» и «мергелистые» единицы хорошо диагностируются прямо в обнажениях благодаря разной устойчивости к выветриванию. Они являются естественной основой для выделения литостратонов различного

Рис. 8. Поверхности перерыва и биокластические слои. Все поперечные сечения, кроме фиг. G

HF, FG – хардграунд, фирмграунд; OB, PB – омиссионные и пост-омиссионные норы инфауны; DB – доломитизированные норы инфауны; В – сверления; К – каверны; Ит – интракласты. Длина рисок – 1 см. А – хардграунд А1, Волхов-1. Пунктиром показаны поперечные срезы омиссионных нор инфауны. В – хардграунд L1, Волхов-2. С – фирмграунд L2 с тонкой белесой импрегнацией, Волхов-2; порода над ним желтоватая из-за обогащения доломитом. D – хардграунд L3 с тонкой коричнево-серой импрегнацией, Волхов-2; порода над ним имеет серый цвет из-за обогащения доломитом. E – характерный облик конденсированного известняка на примере слоя «q», Волхов-3: доломитизированные следы рытья, фосфатизированные поверхности перерыва, интракласты, в нижней части фото – два хардграунда L9. F – хардграунд-фирмграунд U3, сочетающий омиссионные и пост-омиссионные следы рытья, Пороги-2. G – биотурбационная текстура на поверхности напластования алевроглинистого известняка вельской свиты, Валим-2, осыпь. H – горизонтальная слойчатость в биокластическом грейнстоуне, пласт 3/Vs, Валим-2. I – литогоризонт Db5: слабоградационный слой грейнстоуна, разомкнутый следами рытья. Кровля жихаревской пачки, правый берег р. Лава, дер. Жихарево

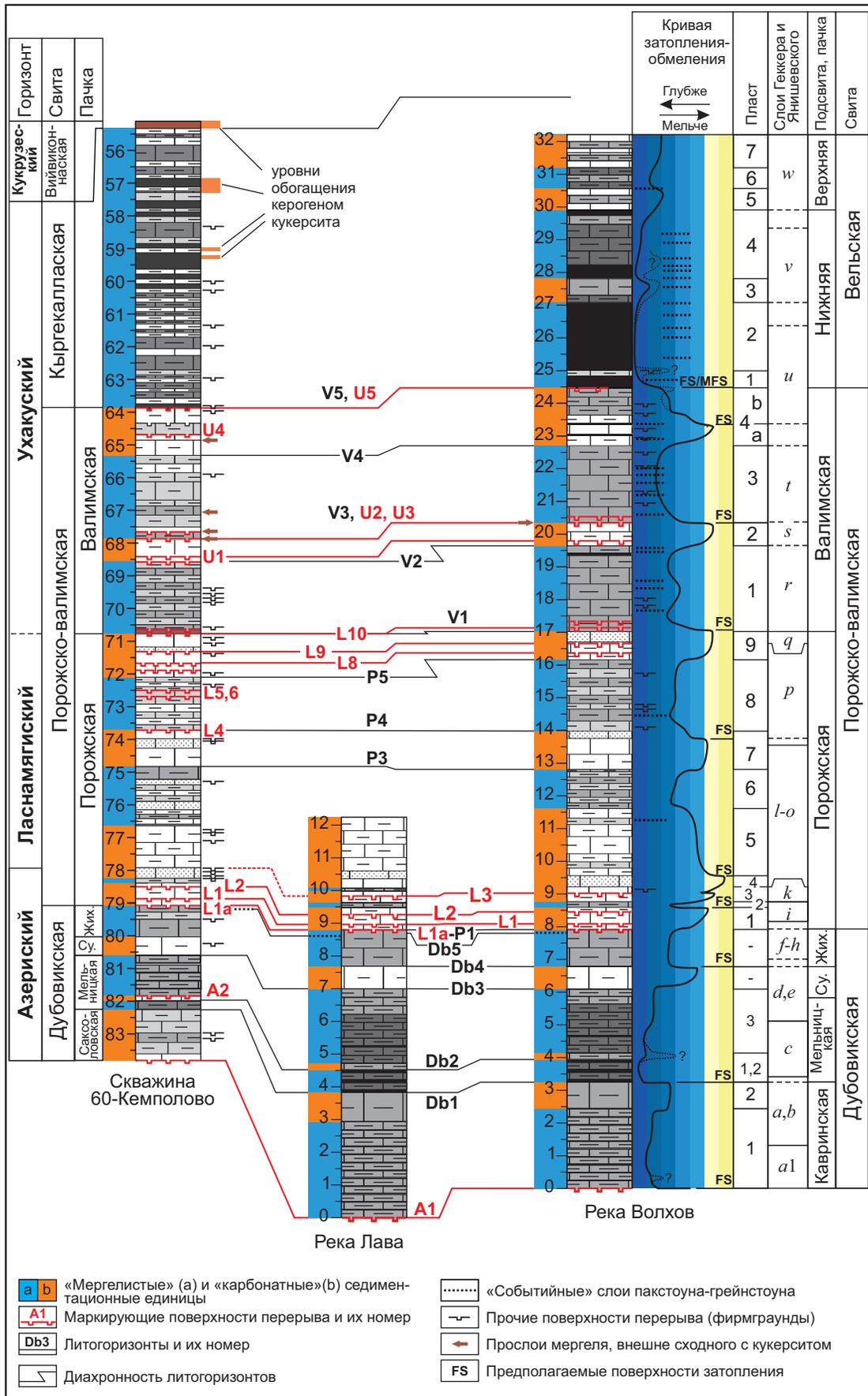


Рис. 9. Седиментационные единицы, кривая затопления обмеления и корреляция типичных разрезов азерско-ухаковского интервала Ингерманландского глинта

ранга и литостратиграфической корреляции. Их соотношение с выделяемыми в данной работе пластами и пачками показано на рис. 9.

Доломитизация. Доломит образует по меньшей мере две генерации. Первая генерация (синдиогенетическая) развивалась по ходам *Balanoglossites Mägdefrau* диаметром 3–10 мм, полностью замещая заполнение ходов и вмещающий их осадок. Она контрастно проявлена в известняках с низким содержанием алеврито-глинистой примеси (<18%), где доломитизированные ходы выделяются в виде мелких темно-серых или светло-желтых пятен червеобразной и округлой форм (в продольном и поперечном сечении соответственно) диаметром до 1–2 см (рис. 8, D, E). В шлифах выделения доломита характеризуются плотной гипидиотопической (с-планарной) структурой (рис. 7, H) и довольно резкими границами. Скелетные зерна и матрикс при этом замещаются примерно одинаково, микроструктуры могут быть идентифицированы. Вторая генерация представлена массивной доломитизацией, развитой наиболее интенсивно под эродированной кровлей ордовика (вельская свита) и проникающей по вертикальным тектоническим трещинам по меньшей мере до середины ласнамягского горизонта. Она охватывает все литотипы от твердых известняков до мергелей, причем первые характеризуются более плотными структурами. Так, в разрезе Бор-1 пласты твердых известняков преобразованы в с-планарный тонко-мелкозернистый доломит (рис. 7, I), а смежные пласты мергелистого известняка демонстрируют более тонкую микро-тонкозернистую э-планарную структуру (рис. 7, J). Скелетные зерна частично могут быть замещены, особенно фрагменты остракод. В целом для второй генерации характерны более тонкие и полимодалные э- и с-планарные структуры, чем для первой. По-видимому, к этой же генерации доломитизации относится мелко-порфиротопная структура, образованная ромбоэдрами 0,1–0,2 мм (до 0,3 мм) и их гипидиотопными кластерами, наблюдаемая в порожско-валимской свите почти до самой подошвы (до слоя «к» Р. Ф. Геккера).

Дубовикская свита (азерский горизонт).

Понимание объема этого подразделения неоднократно менялось на протяжении последнего столетия, что отчасти было связано с неверным определением положения его голостратотипа и верхней границы. В частности, в пограничной части азерского и ласнамягского горизонтов есть два маркирующих уровня, на которых алевроглинистый известняк резко сменяется более чистым известняком – подошва суосаарской пачки (подробнее о пачках дубовикской свиты см. ниже) и подошва порожской подсвиты. В зависимости от условий экспозиции за верхнюю границу дубовикской свиты (формации) могла быть принята одна из них.

Дубовикская формация была установлена П. Раймондом в каменоломне на левом берегу р. Волхов ниже с. Михаила Архангела, между ж/д мостом и паровой пристанью, напротив

дер. Дубовики [35]. К данной формации были отнесены нижние 4,3 м разреза («soft calcareous mudstone», 14 футов), к вышележащей револьской формации – верхние 3,7 м («harder dolomitic limestone», 12 футов). Максимальная мощность дубовикской формации, по мнению П. Раймонда, не могла превышать 11 м, поскольку у уреза реки ниже каменоломни выходили известняки кундаской формации. В настоящее время эта каменоломня находится сразу выше пешеходного моста в г. Волхов и почти полностью заросла. Единственное обнажение высотой около 1,3 м находится на южном краю каменоломни в самом верш берега; в 1,1 м ниже почвенного слоя там обнаружена подошва порожской подсвиты. Исходя из мощностей, указанных П. Раймондом, находим, что подошва его револьской формации отвечает подошве суосаарской пачки.

Основываясь на ошибочном прочтении работы П. Раймонда, Е. А. Балашова и З. Г. Балашов предложили дубовикский горизонт в объеме в 3 раза больше исходного. Цитируем: «...изучив работу П. П. Раймонда и *стратотип дубовикской формации у дер. Дубовики* (р. Волхов), где в состав дубовикской формации входит волховстройский (мощностью 13–14 м), целиком порожский, мощностью 8–9 м и *большая часть валимского подгоризонтов...*» ([4], с. 42, курсив мой). Как видно из цитаты, авторы допустили три ошибки в одном месте. Они посчитали, что стратотип дубовикской формации: 1) располагается у дер. Дубовики, т. е. на правом, более высоком берегу Волхова, 2) соответствует всему обнажению, 3) включает большую часть валимского подгоризонта. На самом деле, как показано абзацем выше, дубовикская формация была описана П. Раймондом на левом берегу р. Волхов, *напротив* дер. Дубовики, где перекрывалась револьской формацией. Где авторы увидели «большую часть валимского подгоризонта» совершенно непонятно, потому что даже у плотины ГЭС разрез заканчивается верхами порожской подсвиты. Базальные слои валимской подсвиты появляются примерно в 1 км выше по течению, а «большая часть валимского подгоризонта» – где-то в 4 км.

Р. Мянниль также считал, что голостратотип дубовикской формации располагается «на правом берегу р. Волхов, в известной каменоломне у д. Дубовики» ([17], с. 11, курсив мой). Р. Мянниль посетил р. Волхов в 1962 г. в составе совместной экскурсии эстонских и ленинградских геологов. К тому времени прежних Дубовиков уже не существовало около 40 лет, а на их месте располагались сооружения Волховской ГЭС. Поэтому, надо полагать, что речь идет о каменоломне в 100 м ниже дер. Новые Дубовики и в 700 м ниже голостратотипа на другом берегу. Р. Мянниль отметил литологическую и палеонтологическую выразительность границы волховстройского и порожского подгоризонтов в понимании Е. А. и З. Г. Балашовых [4], отметив на этом уровне увеличение карбонатности, рост доломитизации, исчезновение эхиносферитов и др. Он сопоставил этот

уровень с границей азериского и ласнамягиского горизонтов Эстонии и границей дубовикской и ревелской формаций П. Раймонда (последнее было неверно по отношению к П. Раймонду, но более естественно литологически). Поэтому можно утверждать, что граница дубовикской и порожской свит в «Решениях...», 1987» (одним из составителей которых был Р. М. Мянниль) соответствует именно границе волховстройского и порожского подгоризонтов по [4].

А. Ю. Иванцов проследил поверхность перерыва в основании азериского горизонта от Эстонии до р. Волхов [9], установил лектостратотип дубовикской свиты на правом берегу р. Волхов ниже ГЭС (наш разрез Волхов-2) и поднял ее нижнюю границу на 2,3 м над подошвой азериского горизонта [10; 29]. На наш взгляд, этот вариант границы труден для корреляции, а литологические изменения при ее пересечении эфемерны по сравнению со смежными уровнями. По сути, это просто граница между средне- и толстослоистыми алевроглинистыми известняками (=пластами 1/Kv и 2/Kv), которая прослеживается в обнажениях только между реками Лава и Волхов. В качестве нижней границы дубовикской свиты рекомендуется использовать хардграунд А1 на границе кундаского и азериского горизонтов. Этот уровень выдерживается вдоль всего Балтийско-Ладожского глинта и на участке Лава–Волхов литологически особенно контрастен: при его пересечении исчезают пласты твердого известняка, а мощность седиментационных единиц возрастает на порядок (рис. 2, В).

В данной работе, следуя «Решениям...1987» [20], дубовикская свита понимается как толща алевроглинистых известняков с *Echinospaerites aurantium infra* Нескер, ограниченная снизу региональным хардграундом А1 и сверху – уровнем появления твердых известняков порожско-валимской свиты. Мощность дубовикской свиты – 8,0 м на р. Волхов и 8,8 м на р. Лава. Свита подразделена в данной работе на кавринскую, мельницкую, суосаарскую и жихаревскую пачки. Типовой разрез кавринской пачки расположен на правом берегу р. Лава, в 500 м ниже устья р. Кавра (N59.869409, E31.591703), остальных пачек – на правом берегу р. Лава в 1 км ниже ж/д моста (N59.858858, E31.591778). Дубовикская свита сложена на 80% мощности алевроглинистым известняком сиреневато-серого цвета с более яркими сиреневыми ходами илоедов (толщиной до 5 см) и редкими горизонтами бледно-сиреневого прокрашивания (глубиной до 10 см). С известняками ассоциируют тонкие пропластки сходно окрашенного мергеля (обычно 0,5–2,0 см, редко больше), часто переслаивающиеся с ним в низах кавринской и мельницкой пачек.

Кавринская пачка (по р. Кавра) сложена алевроглинистым известняком, в нижней части среднеслоистым, линзовидно-полукомковатым, с тонкими пропластками мергеля (пласт 1/Kv), выше – толстослоистым (пласт 2/Kv) (рис. 2, А, В). Мощность пачки на р. Волхов – 3,3 м, на р. Лава – 3,8 м. Нижняя граница маркирована хардграун-

дом А1 с бордовой или серо-коричневатой фосфатной импрегнацией и редкими сверлениями *Trypanites*. Пачка отвечает трилобитовым зонам *heckeri* и *kotlukovi-punctatus*. На Ижорской возвышенности ее стратиграфическим аналогом является более карбонатная саксоловская пачка (еще не описана) мощностью 2,1 м в карьере у дер. Саксолово.

Мельницкая пачка (по дер. Старая Мельница на р. Кавра) напоминает по строению кавринскую пачку: она сложена в нижней части довольно тонким чередованием мергелистого известняка и мергеля (пласт 1/М1), а выше – более толстослоистым алевроглинистым известняком (пласты 2,3/М1). Нижняя граница (литогоризонт Db1) маркирована резким утонением стратификации и появлением частых прослоев мергеля (рис. 2, А, В). Пачка отвечает кровле зоны *kotlukovi-punctatus* и нижней части зоны *intermedius-kowalewskii*. Мощность на р. Лава – 3,1 м, на р. Волхов – 2,97 м.

Суосаарская пачка (по бывшей дер. Суосаари, ныне вошедшей в состав пос. Жихарево) и жихаревская пачка (по пос. Жихарево) отвечают верхней части зоны *intermedius-kowalewskii*. Суосаарская пачка сложена твердым сероватым/сиреневатым известняком с частыми желтыми (доломитизированными) следами рытья, выступающим карнизом в рельефе выветрелых обнажений (рис. 2, А, В). Нижняя граница (литогоризонт Db3) характеризуется заметным увеличением карбонатности и масштаба слоистости. Мощность на р. Лава – 0,7 м, на р. Волхов – 0,6 м.

Жихаревская пачка сложена алевроглинистым известняком с преобладанием сиреневых тонов окраски, в свежем виде массивным, в выветрелом – тонкоплитчатым. Нижняя граница пачки (литогоризонт Db4) характеризуется резким увеличением глинистости. Повсеместно на Ингерманландском глинте примерно в 10 см ниже кровли пачки прослеживается линзующийся слой серого биокластического грейнстоуна мощностью 1–4 м, представляющий собой след сильного штормового события (литогоризонт Db5; рис. 8, I). Мощность пачки на реках Волхов и Лава – 1,1 м.

Порожско-валимская свита (верхи азериского – нижняя часть ухакусского горизонтов). Порожско-валимская свита выделяется в данной работе вместо предшествующих порожской и валимской свит, литологически сходных на р. Волхов и совершенно однотипных на Ижорской возвышенности. Новая свита представляет собой сравнительно карбонатный интервал между более глинистыми свитами – дубовикской (снизу) и вельской/кыргекаллаской (сверху). Предшествующие порожская и валимская свиты сохранены в ранге подсвит, что является больше данью традиции, чем литологической необходимостью. Седиментационная архитектура порожско-валимской свиты состоит из двух отчетливых интервалов – нижнего, сравнительно карбонатного и однородного (нижняя пачка порожской подсвиты), и верхнего, представленного ритмичным чередованием карбонатных (0,8–2,1 м) и «мерге-

листных» (1,2–2,7 м) единиц. На р. Волхов «мергелистые» единицы направленно меняются вверх по разрезу от примерно равного переслаивания известняков и алевроглинистых известняков (в порожской подсвите) до преобладания алевроглинистых известняков с редкими прослоями мергеля (в валимской подсвите). Валимские «мергелистые» единицы более глинистые, чем порожские, выделяются довольно яркими сиреневыми и желтыми тонами гипергенной окраски. Последнее обстоятельство, видимо, и послужило А. Ф. Лесниковой основанием для отделения валимской свиты от порожской.

Порожская подсвита (верхи азериского и ласнамягиский горизонты). Порожская свита была выделена А. Ф. Лесниковой в объеме слоев «к»–«q» Р. Ф. Геккера общей мощностью 7,9 м, из них верхние 3,5 м – как зона *Asaphus ornatus* (см. в [4]). Название происходит от дер. Пороги на левом берегу р. Волхов. Позже Е. А. Балашова и З. Г. Балашов перевели свиту в ранг подгоризонта и включили в его состав слой «i», мотивируя это литологическим сходством и присутствием в нем *Asaphus ornatus* Potrecki [4]. А. Ю. Иванцов указал на сомнительность такого присутствия и вернулся к точке зрения А. Ф. Лесниковой [10; 29]. Однако с литологической точки зрения более правы Е. А. Балашова и З. Г. Балашов, т. к. слой «i» начинает толщу твердых известняков (порожских) и контрастирует с подстилающими алевроглинистыми известняками (дубовикскими). Следуя литологическому принципу проведения границ литостратонов, я включаю слой «i» (=пласты 1/Pr и 2/Pr по нашей терминологии) в состав порожской подсвиты. Мощность последней на р. Волхов составляет 9,1 м. Лектостратотип находится на левом берегу р. Волхов, в 0,2–1,5 км выше по течению от плотины Волховской ГЭС [10; 29].

Порожская подсвита разделена мной на две пачки. Нижняя пачка мощностью 3,7 м (пласты 1/Pr–5/Pr) почти целиком сложена твердым известняком – сероватым, серым, местами с сиреневатым оттенком, с содержанием алевроглинистого компонента 10–15%. Таким образом, пачка представляет собой довольно однородный карбонатный интервал, контрастирующий с подстилающей более глинистой дубовикской свитой (рис. 2, С). Нижняя граница пачки и подсвиты представляет собой уровень резкого возрастания карбонатности/твердости пород (литогоризонт Р-1), маркированный первым фосфатизированным фирмграундом L1a. Верхняя пачка мощностью 5,4 м демонстрирует более или менее контрастное чередование карбонатных и мергелистых единиц, из которых первые сложены указанным выше литотипом (пласты 7/Pr и 9/Pr), вторые – более глинистым и микрозернистым сиреневато-серым известняком с содержанием алевроглинистого компонента 17–24% (пласты 6/Pr и 8/Pr). Для верхней пачки отмечены заметные вариации в содержании доломита по латерали, от известняков с редкими ромбоэдрами до бледно-желтых вторичных доломитов с биомолдами по раковинной фауне.

По 3–4 неровных поверхности перерыва с фосфатной импрегнацией отмечены в нижней и верхней частях порожской подсвиты. Фирмграунд L1a и хардграунды L1, L2, L3 лежат на высоте 0, 15, 56, 114 см над подошвой подсвиты, обладают очень тонкой импрегнацией 1–3 мм. Хардграунд L8 и сдвоенный хардграунд L9 лежат в 63 и 26–28 см ниже кровли подсвиты, их импрегнация достигает 5–7 мм.

На отдельных уровнях встречаются бледно-желтые и темно-серые пятна доломитизации по ходам инфауны, принадлежащим, скорее всего, к ихнороду *Balanoglossites Mágdefrau*. Наиболее ярко такие ходы проявлены в пластах 3/Pr и 9/Pr (=слои «k» и «q» Р. Ф. Геккера; рис. 8, В–Е).

*Валимская подсвита (нижняя часть ухакусского горизонта, слою с *Xenasaphus tjannili/X. devexus*).* Валимская свита выделена А. Ф. Лесниковой в объеме слоев «r»–«t» Р. Ф. Геккера общей мощностью 6,4 м; названа по дер. Валим на левом берегу р. Волхов (см. [4]). Е. А. Балашова и З. Г. Балашов, выделив валимский подгоризонт, расширили его объем до 16 м за счет вышележащей вельской свиты [4] (см. следующий раздел). А. Ю. Иванцов вернулся к первоначальной трактовке объема валимской свиты и установил ее стратотип на левом берегу р. Волхов между деревнями Пороги и Валим (наш разрез Пороги-2 и обнажения выше по течению). Мощность стратотипа, судя по колонке, была оценена в 6,1 м [10; 29].

В данной работе валимская подсвита выделяется в тех же границах, что и А. Ю. Иванцовым, но ее мощность определена в 7,45 м. Это интервал разреза, сложенный почти целиком алевроглинистыми известняками (более 80% мощности) и ограниченный уровнями более или менее резкого увеличения глинистости отложений. Нижняя граница представляет собой литологически четкий контакт массивного твердого сероцветного известняка (слой «q») и сравнительно тонкоплитчатого алевроглинистого известняка, послойно окрашенного в желтые и сиреневые тона (слой «r»); с этого уровня начинается доминирование алевроглинистых известняков (рис. 2, D, E). Верхняя граница представляет собой уровень смены алевроглинистых известняков на их переслаивание с мергелем масштаба 0,1–0,5 м; с этого уровня начинается преобладание мергелей. Дополнительным полевым маркером верхней границы является скопление панцирей *Xenasaphus devexus* (F. Schmidt) в 8 см ниже.

Валимская подсвита состоит из трех «мергелистых» (1/Vm, 3/Vm, 4b/Vm) и двух «карбонатных» (2/Vm, 4a/Vm) седиментационных единиц. «Мергелистые» единицы сложены алевроглинистым известняком с подчиненными тонкими прослоями глинистого мергеля. Пласты 1/Vm и 3/Vm удивительно сходны по мощности (266 см и 238 см) и строению. Каждый из них содержит в подошве по три фосфатизированных хардграунда, а в средней части – по три тонких прослоя более чистого известняка. В их окраске проявлено чередование сиреневых

и голубовато-серых/бледно-желтых тонов разной интенсивности (рис. 2, *F*), по-видимому, отражающее былые вариации содержания тонкодисперсных сульфидов в осадке. Верхний «мергелистый» пласт 4b/Vm отличается небольшой мощностью (82 см), преимущественно сероватой окраской и наличием лишь незрелых поверхностей прерыва с прерывистой белесой фосфатной импрегнацией; последние не всегда выдержаны от разреза к разрезу. «Карбонатные» единицы 2/Vm и 4a/Vm выступают резкими карнизами по берегам р. Волхов и служат хорошими маркирующими уровнями (рис. 2, *F*). Они также сходны друг с другом по мощности (70 и 67 см), литологии и строению; в частности, они содержат частые червеобразные пятна доломитизации по ихнофоссилиям и характеризуются ростом карбонатности и биокластичности вверх.

Маркирующие фосфатизированные хардграунды приурочены к «карбонатным» единицам 2/Vm и 4a/Vm и к подошвенным частям единиц 1/Vm и 3/Vm. Они неровные, с очень тонкой (1–3 мм) импрегнацией белесого и бежевого цветов (рис. 8, *F*). С низов пласта 1/Vm появляются частые прослои серого биокластового грейнстоуна длиной в первые метры и толщиной до 5–6 см (рис. 8, *H*); их нет только в пласте 4b/Vm.

Вельская свита (верхняя часть ухакуско-го горизонта) выделена А. Ф. Лесниковой в составе слоев «u»–«z» Р. Ф. Геккера общей мощностью 14,3 м, названа по дер. Вельсы (Вельцы, Вельца) на правом берегу р. Волхов (см. [4]). Позже Е. А. Балашова и З. Г. Балашов включили слои «u»–«w» (9,6 м) в состав валимского подгоризонта, посчитав, что они ничем не отличаются от подстилающих слоев «r»–«t» (6,4 м) [4]. К вельскому подгоризонту данные авторы отнесли только слои «x»–«y» (3,4 м) и слой «z» (1,35 м), указав, что литологически они резко отличаются от подстилающих [4]. В плане окраски валимская и вельская свиты действительно очень сходны, но изменение состава пород на их границе вполне отчетливо¹. Лектостратотип вельской свиты выделен А. Ю. Иванцовым на правом берегу р. Волхов ниже ж/д моста у дер. Бор [10; 29], наши разрезы Валим-2 и Бор-1.

В настоящее время для изучения доступна лишь нижняя половина вельской свиты мощностью 7 м, разделенная автором на две пачки. Нижняя пачка мощностью 4,7 м (слои «u» и «v»?) сложена чередованием пластов мергеля и алевроглинистого известняка (4–50 и 12–70 см мощностью), обычно с переходными контактами. Мергель преобладает в нижней половине, алевроглинистый известняк – в верхней. Верхняя пачка мощностью не менее 2,3 м (слой «w»?) представлена чередованием пластов твердого известняка (5–20 см)

и алевроглинистого известняка (10–65 см). Все литотипы сильно доломитизированы, так что верхняя пачка, по сути, сложена уже доломитами. Аналогично подстилающей валимской подсвите часто встречаются линзовидные слои биокластического грейнстоуна мощностью от 2 до 11 см, узнаваемые по высокой твердости и характерному мелкокристаллическому облику. По контактам они часто окрашены в вишнево-красный цвет, слои тоньше 3 см могут быть красными целиком. В описаниях скважин из отчета В. А. Селивановой и др. (1966 г.) такие слои называются «кристаллическим известняком»; они отмечены в скважинах Маршагино-127 и Заречье-129, причем в первой – вплоть до самого верха вельской свиты, где достигают мощности 15–25 см. В связи с этим отметим, что слой «z» в кровле вельской свиты р. Волхов описывался как почти белый кристаллический известняк с красными разводами [4] и, возможно, представляет собой интервал, насыщенный слоями грейнстоуна.

Вельская свита в обнажениях демонстрирует две противоположные модели окраски. «Нормальная» окраска представлена пятнистым сиреневым прокрашиванием пород по ходам инфрауны на голубовато-сером или светло-сером фоне. Плотность прокрашивания варьирует от сплошных сиреневых горизонтов мощностью до 16 см (в мергелистых литотипах, рис. 3, *B*) до редких мелких пятен и штрихов (более характерно для твердых известняков); мергелистые интервалы обычно окрашены более плотно, чем смежные твердые известняки. Локально в масштабе обнажений наблюдается противоположная модель окраски – преимущественно сероватая мергелистых интервалов и красная/оранжевая твердых известняков, в т. ч. «событийных» биокластических слоев. Такая окраска наблюдается, например, на южном и северном концах разреза Бор-1 (рис. 3, *A, C, D*) и на разрезе Валим-2 в 30 м ниже руин водокачки. По-видимому, она развивалась вдоль крупных секущих трещин и является (палео)гипергенной.

С учетом данных бурения вельская свита может быть определена как мергелистый интервал мощностью 10–15 м, заключенный между известняковыми порожско-валимской и вийвиконской свитами. По нашей интерпретации описаний буровых скважин, приведенных в отчете В. А. Селивановой с соавторами (1966 г.), вельская свита вскрыта на полную мощность скважинами Заречье-139 (глубина 93,0–103,7 м; 10,7 м), Бережки-135 (глубина 31,3–42,3 м; 11 м), Маршагино-127 (глубина 22,75–37,4 м; 14,6 м), а также рядом других. В наиболее северной скв. Маршагино-127, расположенной в 5 км юго-восточнее разреза Валим-2, мощность вельской свиты очень близка таковой в обнажениях р. Волхов по данным А. Ф. Лесниковой (14,3 м [4]). Окраска пород вельской свиты в скважинах обычно сероватая и зеленовато-серая (как, впрочем, и всего среднеордовикского интервала), тогда как гипергенные красные и сиреневые тона распространены не глубже 40 м от дневной поверхности.

¹ Впечатление о сходстве слоев «r»–«t» и «u»–«w» могло возникнуть у данных авторов из-за неверной идентификации слоев Р. Ф. Геккера. Так, у бывшей водокачки они указывают слои «w», «u» вместо настоящих слоев «u», «v», что дает ошибку в 5 м.

В скв. Заречье-129 в нижней половине вельской свиты отмечены четыре интервала со светло-бурой окраской, возможно, обусловленной керогеном кукурсита. В указанных скважинах над вельской свитой располагается карбонатный интервал, который рассматривается здесь как безкукурситовый аналог вийвиконнаской свиты. Наиболее уверенно его границы определяются в описании скв. Бережки-135 (интервал 17,6–31,3 м, мощность 13,7 м). Из отчета В. А. Селивановой и др. (1966 г.) можно получить лишь самое общее представление об этих отложениях – светлые твердые известняки, в различной степени доломитизированные и кавернозные. Зато вышележащие отложения легко могут быть опознаны как «грязновская» свита идавереского горизонта – зеленоватые однородные мергели и алевроглинистые известняки с *Platystrophia lynx lynx* Eichwald и *Schizotreta cf. elliptica* Kutorga.

Мощности. По данным обнажений и скважин фиксируется изменчивость направлений увеличения мощности карбонатных свит среднего ордовика в нижнем течении р. Волхов, обусловленная скорее всего малоамплитудными вертикальными движениями земной коры. Так, обуховская свита демонстрирует северо-восточный тренд увеличения мощности (см. рис. 1 в [11]), дубовикская – северный или, возможно, восточный (3,0–8,1 м; рис. 1, D). Мощность порошко-валимской свиты в обнажениях р. Волхов составляет 16,55 м, а в 24 км южнее в скв. Заречье-139 – 16,2 м, т. е. практически не меняется. Для вельской свиты предполагается западный тренд увеличения мощности, улавливаемый по разнице отдельных ее частей на восточном и западном берегах р. Волхов. Так, в обнажениях суммарная мощность слоев 3 + 4 пласта 4/VIs на восточном берегу составляет 1,25 м (Валим-2), на западном – 1,77 м (Бор-1). Аналогично мощность вельской свиты к востоку от р. Волхов заметно меньше (Заречье-139 – 10,7 м, Бережки-135 – 11 м), чем к западу (Маршагино-127 – 14,6 м).

ТР-циклы. В дарривильских отложениях р. Волхов диагностирована серия высокочастотных трансгрессивно-регрессивных циклов (ТР-циклов) двойного строения. Как правило, каждый цикл состоит из двух четко обособленных единиц – «карбонатной» (регрессивный К-элемент) и «мергелистой» (трансгрессивный М-элемент) (рис. 9). К-элементы представлены «клиньяными» конденсированными карбонатными фацциями, сходных с теми, что доминируют в разрезах Северной Эстонии. М-элементы обычно в 2–5 раза мощнее, сложены тонко- и среднеслоистым алевроглинистым известняком, в кундаской и азериской частях разреза обычно с частыми тонкими пропластками мергеля или «глины». Это, напротив, «клинья» глубоководных фацций, сходных с теми, что доминируют в Московском (Валдайском) бассейне. Мощность ТР-циклов варьирует от 0,5–1,5 м (до 2,7 м) в кундаской части до 2,3–3,5 м в азериской–нижнеухакуской. В верхней части ухакуского горизонта (вельская свита), сложен-

ной почти исключительно «валдайскими» фациями, под вопросом выделен один ТР-цикл мощностью не менее 7 м.

Для азериско-ухакуской части разреза р. Волхов построена кривая затопления–обмеления, на которой видно девять основных ТР-циклов, ограниченных поверхностями затопления. Данная кривая является, в первом приближении, кривой содержания алевроито-глинистого компонента. Содержание алевроито-глинистого компонента и мощность М-элементов растут и уменьшаются если не пропорционально, то синфазно. По мощности и направленности изменения ТР-циклов азериско-ухакусские отложения подразделяются на три части. Нижняя часть (пласты 1/Kv–4/Pr) характеризуется отчетливо регрессивной последовательностью с ростом карбонатности К-элементов и резким уменьшением мощности М-элементов (до 0,16 м). Интервал 5/Pr–4/Vm характеризуется аградационной (если судить по уменьшающимся К-элементам) или слабо трансгрессивной (если судить по растущей глинистости М-элементов) последовательностью с мощностью М-элементов 1,2–2,6 м. С подошвы вельской свиты резко возрастает глинистость отложений и, по видимому, мощность ТР-циклов – предполагаем, что вельские отложения, обнаженные на р. Волхов, относятся к одному ТР-циклу. По крайней мере, наблюдаемые в вельской свите мергельно-известняковые вариации мало контрастны и не прослеживаются в разрезах Ижорской возвышенности, в отличие от литологически контрастных дубовикско-валимских ТР-циклов.

Нижний и средний пакеты ТР-циклов сопоставляются с ТНС и ТТ таллинской секвенции А. В. Дронова и Л. Холмера [25] соответственно. Границу ТНС и ТТ на р. Волхов я провожу несколько выше – в 1,6 м над подошвой порошковой подсвиты. Она не отличается литологической контрастностью и определима в поле лишь по некоторому уменьшению твердости (карбонатности) известняков; тем не менее этот уровень обозначает «точку перегиба» между регрессивной и трансгрессивной линиями развития. Поверхность максимального затопления (=основание ТВС) я сопоставляю с нижней границей вельской свиты (=уровнем появления мергелей), поскольку вельская свита, как кажется, образует единую регрессивную последовательность с вышележащей вийвиконнаской свитой.

Маркирующие уровни. Сопоставление азериско-ухакуской части разреза р. Волхов с разновозрастными образованиями более западных частей ордовикского поля показало хорошую трассируемость литогоризонтов вдоль всего Ингерманландского глинта. Постазериские поверхности перерыва могут быть потенциально прослежены и западнее, в Эстонию, что дает надежду на детальное сопоставление со стратотипами азериско-ухакуского горизонтов. Ряд уровней выделяется наиболее уверенно.

Хардграунд А1 на границе кундаского и азериского горизонтов в разрезе р. Волхов впервые

установлен А. Ю. Иванцовым [9], проследившим его от р. Нарва. На Ингерманландском глинте хардграунд А1 определяется как первая «зрелая» поверхность перерыва после хардграунда К1 в подошве кундаского горизонта. Ее «зрелость» возрастает с востока на запад. На Ингерманландском глинте, кроме Нарвско-Лужского междуречья, хардграунд обладает фосфатной импрегнацией глубиной от 3–7 мм (на востоке) до 20 мм (на западе), на западе местами ассоциирующей с пиритовой импрегнацией (Котлы), слабой глауконитовой инкрустацией (Саксолово, Вильповицы, Поповка), пятнами гетитовой импрегнации (Саксолово, Кирхгоф, скважины Лисино, Парицы), тонкой фосфатной коркой (Копорье). Западнее р. Луга хардграунд часто двойной, имеет охристо-желтую гетитовую импрегнацию глубиной 4–30 мм (р. Сытке). На Эстонском глинте хардграунд впервые описан К. Орвику [30; 33].

Литогоризонт Db-1 диагностируется как уровень резкого утонения карбонатных слоев и появления между ними хорошо выраженных прослоев мергеля. Он отделяет кавринскую/саксоловскую пачки (в Южном Приладожье и на Ижорской возвышенности соответственно) от вышележащей мельницкой пачки. Этот литологический уровень лежит чуть ниже границы трилобитовых зон *kotlukovi-punctatus* и *intermedius-kowalewskii*. Внутреннее строение кавринской и саксоловской пачек заметно различается, общих корреляционных уровней внутри них нет.

Литология, строение и мощность верхнеазерско-нижнеухакусских (дубовикско-валимских) отложений к западу от р. Волхов меняются относительно слабо, поэтому все литогоризонты и хардграунды прослеживаются также на Ижорской возвышенности. В этом интервале наблюдается однотипное чередование «карбонатных» и «мергелистых» седиментационных единиц, причем мощность первых в западном направлении иногда слабо увеличивается за счет вторых. Иллюстрацией слабого фациального скольжения границ К- и М-единиц является положение хардграунда U1 на р. Волхов (над кровлей пласта 1/Vm) и на Ижорской возвышенности (в кровле пласта 1/Vm).

Литогоризонты Db-3 и Db-4 ограничивают на Ингерманландском глинте суосаарискую пачку и демонстрируют резкое увеличение (нижний) и уменьшение (верхний) карбонатности. Обычно увеличение карбонатности сопровождается выклиниванием мергельных слоев, утолщением карбонатных слоев и появлением в последних частых фосфатизированных диастем. Однако диастемы могут быть практически неразличимы, а изменение мощности слоев может быть затушевано обильными швами растворения, образующими вторичную тонко-(линзовидно)-плитчатую текстуру. Последнее наблюдается, например, в смежных слоях суосаариской и жихаревской пачек.

Литогоризонт Db-5 представляет собой тонкий слой биокластического грейнстоуна «событийного» происхождения, расположенный немногим ниже границы дубовикской и порожской свит

(литогоризонта P-1), в кровле слоев с *Delphasaphus delphinus* (рис. 8, I). В Южном Приладожье (реки Назия, Лава, Волхов) этот слой линзовидный мощностью 1–2 см (до 4 см) лежит в 13 см ниже литогоризонта P-1 в подошве тонкого слоя мергелистого известняка. На Ижорской возвышенности этот слой сплошной и более мощный (2–3 см) лежит в 8–18 см ниже P-1, но уже в кровле мергелистого слоя. Отсюда возможны два варианта – либо небольшая диахрония мергелистого слоя, либо наличие двух почти синхронных штормовых слоев. Для практических целей это несущественно – литогоризонт Db-5 представляет собой хороший маркер кровли дубовикской свиты. В данном слое повсеместно отмечается примесь тонкого-мелкого кварцевого песка, отсутствующая на других уровнях среднего ордовика. Аналогичные слои в вышележащих отложениях р. Волхов не имеют стратиграфического значения, поскольку неизвестны за пределами этого разреза.

Литогоризонт P-1 соответствует границе дубовикской и порожско-валимской свит и диагностируется как уровень резкого увеличения карбонатности и появления фосфатизированных поверхностей перерыва группы L1a–L3, нижняя из которых (фирмграунд L1a) располагается прямо на нем. Литогоризонт P-1 хорошо распознается в обнажениях Ингерманландского глинта (кроме Нарвско-Лужского междуречья), а также в 30 км южнее него в скважинах Лисино и Парицы, где обнаруживается более карбонатный и сокращенный разрез азерского горизонта мощностью 3,1 м, близкий к разрезам Восточной Эстонии. На востоке Эстонии (р. Сытке) скачок карбонатности на этом уровне уже не распознается из-за общей высокой карбонатности разреза, а нижележащий литогоризонт Db-5 – из-за сильной доломитизации. Внутри группы поверхностей L1a–L3 исчезают характерные азерские виды *Asaphus kowalewskii* Lawrow и *Iliaenus tauricornis* Holm. Данной группе соответствует один зрелый хардграунд в подошве ласнамягиского горизонта Западной Эстонии (см. разд. «Биостратиграфия»).

Литогоризонт V-1 соответствует границе порожской и валимской подсвит с резким увеличением глинистости пород над ней. Он лежит внутри группы хардграундов L8–L10 между зоной *bottnicus* и слоями с *Xenasaphus*. В Западной Эстонии этой группе соответствует двойной хардграунд в 3 м ниже кровли вьяской свиты, занимающий ту же биостратиграфическую позицию по данным [18; 34].

Литогоризонт V-3 соответствует литологически резкой подошве «мергелистой» единицы 3/Vm в середине валимской подсвиты. Данный уровень лежит внутри серии хардграундов U1–U3 и повсеместно на Ингерманландском глинте перекрыт слоем мергеля, который в скважинах имеет необычную коричнево-темно-серую или серо-коричневую окраску (может приниматься за кукурсит). В обнажениях по р. Волхов коричневая окраска сохранилась пятнами, замаскированными окраской сиреневых тонов. С хардграундами U1 и U2 ассоциируют мно-

гочисленные парастилолиты, которые интенсивно разлинзовывают породу и могут таким образом совершенно скрывать эти поверхности.

Литогоризонт V-5 отвечает подошве вельской (на р. Волхов) и кыргекаллаской (на Ижорской возвышенности и в Эстонии) свит, маркированной поверхностью перерыва U5 и заметным увеличением глинистости пород и мощности седиментационных единиц. Этот уровень, похоже, прослеживается далеко на юг от глинта – до Восточного Приильменья (подошва слоя 299 в скв. Васильчиково) и Мишиной Горы (=основание стирнской свиты по [7]). На Ингерманландском глинте поверхность перерыва U5 меняется от слабо фосфатизированного фирмграунда (разрезы Пороги-2 и Валим-1, 2) до хардграунда с пиритовой/фосфатной импрегнацией и глубокими норками зарывания (Ижорская возвышенность). В Западной Эстонии хардграунду U5 соответствует один из нескольких хардграундов, известных по данным [18; 21; 34] в пограничной части вясской и кыргекаллаской свит.

При пересечении литогоризонтов Db-1, Db-4, V-1, V-3, V-5 наблюдается более или менее резкое увеличение глинистости и тонкозернистости карбонатных фаций. Учитывая модель распределения фаций в восточной части Балтоскандийского палеобассейна [18], такие уровни могут быть интерпретированы как поверхности затопления. Литогоризонты Db-2, P-1, 3, 5, V-2, 4 с обратными изменениями рассматриваются как поверхности обмеления.

Биостратиграфия. Трилобиты. Зональное подразделение азериско-ухакусских отложений Ингерманландского глинта основано, в первую очередь, на азафидных трилобитах [9; 10; 29]. На основе послонных сборов на р. Лава (40 км к западу от р. Волхов) уточнены нижняя граница зоны *intermedius-kowalewskii* и верхняя граница слоев с *Delphasaphus delphinus* F. Schmidt. Первая смещена вниз почти до литогоризонта Db-1 благодаря находкам *Asaphus intermedius* Balashova в средней части пласта 1/MI, вторая установлена между литогоризонтами Db-5 и P-1. Нижняя граница слоев с *Asaphus bottnicus* смещена вниз на 1,5 м благодаря находке вида-индекса в 11 см ниже кровли пласта 6/Pr. Отдельно следует отметить *Pseudobasilicus lawrowi* (F. Schmidt), который считался одним из маркеров нижней границы ласнамягиского горизонта [21]. Первые редкие представители этого вида зафиксированы в 30 см ниже кровли дубовикской свиты на реках Лава и Волхов, эпиболь фиксируется с подошвы порожско-валимской свиты. На р. Лава интервал перекрытия позднеазериских трилобитов с *Pseudobasilicus lawrowi* составляет по меньшей мере 0,5 м для *Asaphus kowalewskii* Lawrow и 0,9 м для *Iliaenus tauricornis* Holm.

Брахиподы. *Christiania oblonga* (Pander) и *Leptelloidea leptelloides* Bekker считались видами-индексами биозон, объемы которых понимались по разному на Северо-Западе России и в Эстонии (для сравнения [1; 2] и [20; 21]). Появление *Chris-*

tiania oblonga (Pander) на реках Лава [12] и Волхов зафиксировано уже в 50–60 см над подошвой азериского горизонта, что согласуется с данными по Московской синеклизе [2], но намного ниже, чем по эстонским данным [20; 21]. Самые верхние (но, вероятно, не последние) находки этого вида происходят из подошвы пласта 4a/Vm, т. е. не выше слоев с *Xenasaphus*, что согласуется со всеми источниками [1; 2; 20; 21]. Появление *Leptelloidea leptelloides* Bekker на р. Волхов зафиксировано в низах слоев с *Xenasaphus* (подошве пласта 3/Vm), что ближе к эстонским данным (ниже слоев с *Xenasaphus* по [21]), чем к российским (выше слоев с *Xenasaphus* по [1]).

На роль биозональных видов-индексов нижнего (люгануэского) подгоризонта азериского горизонта могут претендовать довольно многочисленные и крупные строфоменидные брахиоподы *Leptoptilum transversum* (Pander) и *Panderites imbrex* (Pander). Они появляются сразу над хардграундом A1 [12] и до сих пор не найдены выше кавринской/саксоловской пачек. На р. Волхов они найдены в пласте 1/Kv.

Иглокожие. Частые остатки цистоидей *Echinosphaerites aurantium infra* Hecker весьма характерны для азериского горизонта и для дубовикской свиты [4; 5; 9; 10; 17; 18; 29; 36; 37]. На р. Волхов первое появление вида отмечено автором в 85 см над хардграундом A1, последнее – в 8 см ниже подошвы порожской подсвиты. Однако С. С. Терентьевым (личное сообщение) мелкие, диаметром около 1 см, теки *Echinosphaerites* были обнаружены уже в слоях с *Asaphus pachyophthalmus* и слоях с *Asaphus sulevi* кундаского горизонта. Если это тот же вид, то тогда уровень 85 см над хардграундом A1 может рассматриваться как основание его акмезоны. Более редкий *Echinosphaerites aurantium supra* Hecker, теки которого могут встречаться небольшими группами, обнаружен в низах пласта 4a/Vm (совместно с *Christiania oblonga* Pander), что на 3–4 м ниже, чем по данным Р. Ф. Геккера (слой «v» [5]).

Нижняя граница азериского горизонта (=хардграунд A1) является одним из наиболее четких биостратиграфических уровней в ордовике восточной Балтоскандии. Он характеризуется появлением нового комплекса макрофауны, в частности трилобитов *Asaphus heckeri* Ivantsov, *Subasaphus latisegmentatus* (Nieszkowskii) [10; 29], брахиопод *Leptoptilum transversum* (Pander), *Panderites imbrex* (Pander), *Christiania oblonga* (Pander) [12] и цистоидей *Echinosphaerites aurantium infra* Hecker. Напротив, **нижняя граница ласнамягиского горизонта** на Ингерманландском глинте точно не определена. В разрезах стратотипической местности (Западная Эстония) этот уровень маркирован «долгоживущим» хардграундом, который разделяет два комплекса макрофауны. Позднеазериский комплекс включает трилобиты *Asaphus kowalewskii* Lawrow, *A. latus* F. Schmidt, *A. holmi* F. Schmidt, *A. plautini* F. Schmidt, *Iliaenus tauricornis* Holm. Ласнамягиско-ухакусский комплекс фауны включает трилобиты *Pseudobasilicus lawrowi* (F. Schmidt),

Iliaenus schmidti Holm, *I. schroeteri* Holm, брахиоподы *Clitambonites squamatus* (Pahlen), *Christiania oblonga* (Pander), *Porambonites aequirostris* (Schlotheim), *Leptelloidea leptelloides* (Bekker), *Tallinites imbrexioidea* (Sokolskaja) [21]. На Ингерманландском глинте в пограничной части азериского и ласнамягиского горизонтов вместо одного хардграунда присутствуют четыре (L1a–L3), интервалы распространения позднеазериских трилобитов частично перекрываются с таковым *Pseudobasilicus lawrowi* (F. Schmidt), а прочие «постазериские» виды брахиопод и трилобитов пока не обнаружены. Исключением является *Christiania oblonga* (Pander), которая, как указано выше, появляется близко к подошве азериского горизонта. Можно было бы использовать FAD *Pseudobasilicus lawrowi* как маркер нижней границы ласнамягиского горизонта, даже несмотря на то, что последние представители азериского трилобитового комплекса окажутся в подошве ласнамягиского горизонта. Однако есть сомнения в одновременности появления *Pseudobasilicus lawrowi* в разных частях Ингерманландского глинта. Поэтому нижняя граница ласнамягиского горизонта проводится мной по хардграунду L3, выше которого не найден *Asaphus kowalewskii* Lawrow, *Iliaenus tauricornis* Holm и другие позднеазериские трилобиты. Таким образом, порожская подсвита сопоставляется не с одним ласнамягиским горизонтом, как в [9; 10; 12; 17; 18; 20], но также с самыми верхами азериского горизонта.

Слои с *Asaphus bottnicus* (=зона *Asaphus ornatus*, по А. Ф. Лесниковой в [4]) сопоставляются с верхней частью ласнамягиского горизонта [10; 18; 29]. Действительно, в Восточной Прибалтике *Asaphus bottnicus* Jaanusson характерен для этого стратиграфического интервала. В частности, ряд образцов этого вида был найден в ласнамягиских отложениях Западной Эстонии, но определен как *Asaphus ornatus* Romprekii (собрание Музея естественной истории Тартусского университета, образец TUG 1589-66; коллекция Кафедры геологии Таллинского технологического института, GIT 435-29). Однако в Швеции вид известен также из ухакусского горизонта [31], поэтому есть вероятность его обнаружения на этом уровне и в Восточной Прибалтике.

Нижняя граница ухакусского горизонта на р. Волхов также точно не определена. Слои с *Xenasaphus* по существу представлены двумя основными уровнями с массовыми остатками трилобитов *Xenasaphus mjannili* Ivantsov (кровля пласта 1/Vm) и *X. devexus* (F. Schmidt) (кровля пласта 4/Vm). Верхний трилобитовый горизонт прослеживается по долине р. Волхов на 1,8 км от бровки разреза Пороги-2 до уреза воды разреза Валим-2 [10; 29]. Между LAD *Asaphus bottnicus* Jaanusson и FAD *Xenasaphus mjannili* Ivantsov лежит пустой интервал мощностью 4,1 м (смежные части порожской и валимской подсвит), где руководящие виды беспозвоночных пока не найдены. Однако внутри него наблюдается серия хардграундов L8–L10, которая с высокой вероятностью отвечает сдвоенному хардграунду в подошве ухакусского горизон-

та стратотипической местности, над которой появляется *Xenasaphus devexus* (F. Schmidt) (см. [18]). Над слоями с *Xenasaphus* должны располагаться слои с *Iliaenus intermedius*, вид-индекс которых определен в скв. 171 на глубине 100,4 м (3,9 м над подошвой вельской свиты, по моей интерпретации) (отчет Селивановой и др., 1966). Однако, учитывая сложность диагностики этого вида, информация об его обнаружении в скважине требует проверки.

Заключение. Проведена ревизия и детализация литостратиграфического расчленения азериско-ухакусской части р. Волхов. На литологической основе скорректированы границы свит и детализировано их расчленение. Дубовикская свита принята в объеме довольно монотонной толщи алевроглинистых известняков с *Echinosphaerites aurantium infra* Hecker, нижняя граница совпадает с таковой азериского горизонта. Порожско-валимская свита введена вместо порожской и валимской свит и понимается как ритмично построенный комплекс отложений сравнительно карбонатного состава, ограниченный более глинистыми свитами снизу (дубовикской) и сверху (вельской); масштаб ритмичности – первые метры. Вельская свита выделяется как сравнительно мергелистый интервал с растущей вверх карбонатностью; масштаб ритмичности – дециметры. Валимско-вельский интервал разреза р. Волхов отличается от синхронных отложений Ижорской возвышенности и Северной Эстонии высокой глинистостью и в то же время наличием частых прослоев биокластических грейнстоунов (темпеститы) мощностью 1–11 см. Группы хардграундов L1a–L3 в низах порожской подсвиты и L8–L10 в пограничной части порожской и валимской подсвит должны соответствовать хардграундам в подошве и кровле ласнамягиского горизонта Западной Эстонии соответственно. Фосфатизированный фирмграунд U-5 в подошве вельской свиты соответствует хардграунду в подошве кыргекаллаской свиты Ижорской возвышенности и серии хардграундов в Северной Эстонии.

Дарривильская часть разреза р. Волхов представлена последовательностью TP-циклов двойного строения мощностью от 0,5–1,5 м в кундаской части до 2,3–3,5 м в азериской–нижнеухакусской (в вельской свите под вопросом выделен один TP-цикл мощностью не менее 7 м). Каждый TP-цикл состоит из двух частей – трансгрессивной М-единицы, сложенной алевроглинистыми известняками/мергелями, и регрессивной К-единицы, сложенной более карбонатными и, как правило, более биокластическими фациями. Подавляющее большинство TP-циклов прослеживается на расстояние более 200 км к западу от р. Волхов и может служить основой детальной стратиграфии. Маркирующие хардграунды приурочены к К-единицам и подошвам М-единиц.

Подготовка данной работы в некоторых разделах была бы более длительной и трудоемкой,

если бы не помощь Урсулы Тоом (TalTech, Эстония), моих полевых спутников А. В. Бродского, Ю. С. Ли и Н. К. Семенова, а также консультации канд. геол.минерал.-наук С. С. Терентьева. Пользуясь случаем, автор приносит извинения за неточности в предыдущей статье. Так, на рис. 2: 1) в колонках с подразделениями В. В. Ламанского, Е. А. Балашовой и З. Г. Балашова, С. Мяги и «Решений...», 1987» нижние границы НЧС, вокаской пачки и силлаоруской свиты должны совпадать с границей $V_{II\alpha}$ и $V_{II\beta}$; 2) подошва вельской свиты в колонках А. Ф. Лесниковой, «Решений...», 1987» и А. Ю. Иванцова должна совпадать с кровлей слоев с *Xenaspaphus*. Первая ссылка в начале раздела «Геологическое положение и стратиграфия» должна быть [23; 27].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Алихова Т. Н. Стратиграфия ордовикских отложений Русской платформы. – М. : Госгеолтехиздат, 1960. – 76 с.
- Алихова Т. Н. Стратиграфия и брахиоподы среднеордовикских отложений Московской синеклизы. – М. : Недра, 1969. – 70 с.
- Балашова Е. А., Балашов З. Г. К стратиграфии глауконитовых и ортоцератитовых слоев ордовика северо-запада Русской платформы // Уч. зап. ЛГУ. Серия геол. – 1959. – Вып. IV. – С. 127–154.
- Балашова Е. А., Балашов З. Г. К стратиграфии эхиносферитового известняка Ленинградской области // Вестник ЛГУ. – 1961. – № 12. – С. 42–55.
- Геккер Р. Ф. Эхиносфериды русского силура // Тр. Геол. и Минер. Музея РАН. – 1923. – Т. 4, вып. 1. – С. 1–63.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, (N-35), О-36 – Санкт-Петербург. Объяснительная записка / В. Р. Вербицкий, И. В. Вербицкий, О. В. Васильева и др. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2012. – 510 с.
- Дронов А. В. Разрез ордовикских отложений Мишиногорского карьера // Ордовикское плато. К 100-летию рождения Б. П. Асаткина. – М., 2004. – С. 68–85.
- Дронов А. В., Толмачева Т. Ю., Исколь Г. С. Нижний палеозой окрестностей Санкт-Петербурга // Путеводитель экскурсии 23–24 сентября 2012 г. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2012. – 52 с.
- Иванцов А. Ю. Кундаский и азерский горизонты (ордовик) на р. Волхов // Фауна и экосистемы геологического прошлого. – М. : Наука, 1993. – С. 90–97.
- Иванцов А. Ю., Мельникова Л. М. Азерский, ласнамягский и ухакусский горизонты ордовика в Ленинградской области и характеристика трилобитов и остракод // Стратиграфия. Геологическая корреляция. – 2003. – Т. 11, № 4. – С. 24–40.
- Исколь Г. С. Литостратиграфия среднеордовикских (дарривильских) отложений реки Волхов, Северо-Запад России: 1. Кундаский горизонт // Региональная геология и металлогения. – 2023. – № 96. – С. 5–25.
- Исколь Г. С. Стратиграфическое распространение строфоменидных брахиопод в азерском и ласнамягском горизонтах (средний ордовик) Южного Приладожья // Палеонтология и стратиграфия: современное состояние и пути развития. Материалы LXVIII сессии ПО РАН. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2022. – С. 61–62.
- Исколь Г. С. Фосфатизированные поверхности перерыва в известняках кундаского горизонта (дарривильский ярус, средний ордовик) Северо-Запада России // Региональная геология и металлогения. – 2019. – № 78. – С. 5–20.
- Исколь Г. С. Циклостратиграфия и фашии нижнедарривильских отложений (средний ордовик) северо-запада Русской плиты // Автореф. дисс. канд. геол.-минерал. наук. – СПб., 2017. – 23 с. + 3 вкл.
- Мяги С. О. Стратиграфия и фауна онтикаских отложений // Автореф. дисс. канд. геол.-минерал. наук. – Таллин : АН ЭССР, 1984. – 29 с.
- Мянниль Р. М., Рымусокс А. К. Ревизия литостратиграфической схемы расчленения ордовика Северной Эстонии // Стратиграфия древнепалеозойских отложений Прибалтики. – Таллин, 1984. – С. 52–62.
- Мянниль Р. М. Вопросы сопоставления ордовикских отложений Эстонии и Ленинградской области // Палеонтология и стратиграфия палеозоя Прибалтики. Тр. Инст. Геол. Эст. АН ЭССР. – 1963. – Т. XIII. – С. 3–40.
- Мянниль Р. М. История развития Балтийского бассейна в ордовике. – Таллин : Валгус, 1966. – 200 с.
- Орвику К. Литофациальные особенности ордовикских горизонтов волхов (V_{II}), кунда (V_{III}) и азери (C_{Ia}) в северной части Эстонской ССР // Международный геологический конгресс, XXI сессия. Доклады советских геологов. – Л., 1960. – С. 71–82.
- Решения межведомственного регионального стратиграфического совещания по ордовику и силуру Восточно-Европейской платформы 1984 г. с региональными стратиграфическими схемами. – Л. : Недра, 1987. – 115 с.
- Рымусокс А. К. Стратиграфия вирусской и харьюской серий (ордовик) Северной Эстонии. – Таллин : Валгус, 1970. – 343 с.
- Стратиграфический словарь СССР. Новые стратиграфические подразделения палеозоя СССР. – Л. : Недра, 1991. – 556 с.
- Bekker H. Ülevaade Eesti ordoviitsiumi ja siluuri kohta käivatest uurimistest // Loodus. – 1922. – Vol. 4. – Pp. 217–244.
- Dronov A., Rozhnov S. Climatic changes in the Baltoscandian basin during the Ordovician: sedimentological and palaeontological aspects // Acta Palaeontologica Sinica. – 2007. – Vol. 46 (Suppl.). – Pp. 108–113.
- Dronov A., Holmer L. E. Depositional sequences in the Ordovician of Baltoscandia. In Quo vadis Ordovician? Short Papers of the 8th International Symposium on the Ordovician System / eds. P. Kraft, O. Fatka // Acta Universitatis Carolinae. Geologica. – 1999. – Vol. 43. – No. 43. – Pp. 133–136.
- Dunham R. J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture / ed. W. E. Ham // Classification of carbonate rocks. Amer. Assoc. of Petroleum Geologists Memoir. 1. – 1962. – Pp. 108–121.
- Friedman G. M. Terminology of crystallization textures and fabrics in Sedimentary Rocks // SEPM Journal of Sedimentary Research. – 1965. – Vol. 35. – No. 3. – Pp. 643–655.
- Geologic Time Scale 2020. Vol. 2 / eds. F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. Schmitz, G. Ogg. – 2021. – 1176 p.
- Ivantsov A. The trilobites of subfamily Asaphinae of Baltic-Ladoga clint // Paleont. J. – 2003. – Vol. 37. – Suppl. 3. – Pp. 231–336.
- Jaansoon-Orviku K. Beitrage zur Kenntnis der Aseriund der Talinna Stufe in Eesti // Acta et Commentationes Universitatis Dorpatensis. – 1927. – Vol. 116. – Pp. 1–40.
- Jaanusson V. Faunal dynamics in the Middle Ordovician (Viruan) of Balto-Scandia / ed. M. G. Bassett // The Ordovician System. Proceedings of a Palaeontological Association symposium, Birmingham. – 1976. – Pp. 301–326.
- Middle Ordovician carbonate facies development, conodont biostratigraphy and faunal diversity patterns at the Lynna River, northwestern Russia / A. Lindskog, M. E. Eriksson, J. A. Rasmussen, A. Dronov, C. M. Ø. Rasmussen // Estonian

Journal of Earth Sciences. – 2020. – Vol. 69. – No. 1. – Pp. 37–61.

33. Orviku K. Die Rautenvariationen bei Echinospaerites aurantium Gyll. und ihre stratigraphische Verbreitung in estnischen Ordoviciem // Tartu Ülikooli Geoloogia Instituudi Toimetused. – 1927. – Vol. 8. – Pp. 1–16.

34. Orviku K. Lithologie der Tallinna-Serie (Ordovizium, Estland) I // Acta et Comm. Univ. Tartuensis A, XXXVI. – 1940. – Vol. 1. – Pp. 1–249.

35. Raymond P. The Correlation of the Ordovician Strata of the Baltic Basin with those of Eastern North America // Bull. Museum Compar. Zool. Harv. Coll. – 1916. – Vol. 56. – No. 3. – Pp. 43–48.

36. Schmidt F. Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten nebst geognostischer Übersicht des ostbaltischen Silurgebiets. Abt. 1: Phacopiden, Cheiruriden und Encrinuriden // Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersburg. VII Serie. – 1881. – Vol. 30. – No. 1. – 238 p.

37. Schmidt F. Excursion durch Estland // Guide des excursions du VII Congrès Géologique International XII. – St. Petersburg : M. Stassulewitsch, 1897. – Pp. 1–21.

38. Sibley D. F., Gregg J. M. Classification of dolomite rock textures // Journal of Sedimentary Petrology. – 1987. – Vol. 57. – No. 6. – Pp. 967–975.

REFERENCES

1. Alikhova T. N. Stratigrafiya ordovikskikh otlozheniy Russkoy platformy [Stratigraphy of Ordovician deposits of the Russian Platform]. Moscow, Gosgeoltekhizdat, 1960, 76 p.

2. Alikhova T. N. Stratigrafiya i brachiopody sredneordovikskikh otlozheniy Moskovskoy sineklizy [Stratigraphy and brachiopods of the Middle Ordovician deposits of the Moscow syncline]. Moscow, Nedra, 1969, 70 p.

3. Balashova E. A., Balashov Z. G. K stratigrafii glaukonitovykh i ortoseratitovykh sloev ordovika severo-zapada Russkoy platformy [On the stratigraphy of glauconitic and orthoceratitic beds of the Ordovician in the north-west of the Russian Platform]. *Scientific notes of Leningrad State University. Geol. series. IV*, 1959, pp. 127–154.

4. Balashova E. A., Balashov Z. G. K stratigrafii ekhinosferitovogo izvestnyaka Leningradskoy oblasti [On the stratigraphy of Echinospaerites limestone of the Leningrad region]. *Bulletin of Leningrad State University*, 1961, no. 12, pp. 42–55.

5. Hecker R. Ekhinosferidy russkogo silura [Echinospaeridae of the Russian Silurian]. *Travaux du Musée Géologique et Minéralogique Pierre le Grand près l'Académie des Sciences de Russie*, 1923, vol. 4, iss. 1, pp. 1–63.

6. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Mashtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Tsentral'no-Evropeyskaya. Listy O-35 – Pskov, (N-35), O-36 – Sankt-Peterburg. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation of the third generation. Scale 1 : 1 000 000. Tsentral'no-Evropeyskaya series. Sheets O-35 – Pskov, (N-35), O-36 – St. Petersburg. Explanatory note]. Eds. V. R. Verbitskiy, I. V. Verbitskiy, O. V. Vasil'eva et al. St. Petersburg, VSEGEI, 2012, 510 p.

7. Dronov A. V. Razrez ordovikskikh otlozheniy Mishinogorskogo kar'era [Ordovician deposits of the Mishina Gora quarry]. *Ordovician plateau. To the 100th anniversary of the birth of B. P. Asatkin*. Moscow, 2004, pp. 68–85.

8. Dronov A. V., Tolmacheva T. Yu., Iskül G. S. Nizhniy paleozoy okrestnostey Sankt-Peterburga [Lower Paleozoic in the vicinity of St. Petersburg]. *Excursion guide September 23–24, 2012*. St. Petersburg, VSEGEI, 2012, 52 p.

9. Ivantsov A. Yu. Kundaskiy i azeriskiy gorizonty (ordovik) na r. Volkhov [Kunda and Aseri Regional Stages (Ordovician) on the Volkhov River]. *Fauna and ecosystems of the geological past*. Moscow, Nauka, 1993, pp. 90–97.

10. Ivantsov A. Yu., Melnikova L. M. Azeriskiy, lasnamyagiskiy i ukhakuskij gorizonty ordovika v Leningradskoy oblasti i kharakteristika trilobitov i ostrakod [Ordovician Aseri Lasnamägi and Uhaku Regional Stages in the Leningrad region and characteristics of trilobites and ostracods]. *Stratigraphy. Geological Correlation*, 2003, vol. 11, no. 4, pp. 24–40.

11. Iskül G. S. Litostratigrafiya sredneordovikskikh (darrivil'skikh) otlozheniy reki Volkhov, Severo-Zapad Rossii: 1. Kundaskiy gorizont [Lithostratigraphy of the Middle Ordovician (Darrivilian) deposits of the Volkhov River, North-Western Russia: 1. Kunda Regional Stage]. *Regional Geology and Metallogeny*, 2023, no. 96, pp. 5–25.

12. Iskül G. S. Stratigraficheskoe rasprostranenie strofomenidnykh brachiopod v azeriskom i lasnamyagiskom gorizontakh (sredniy ordovik) Yuzhnogo Priladozh'ya [Stratigraphic distribution of strophomenid brachiopods in the Aseri and Lasnamägi Regional Stages (Middle Ordovician) of the southern Ladoga region]. *Paleontology and stratigraphy: current state and ways of development. Materials of the LXVIII session of the Paleontological Society of the Russian Academy of Sciences*. St. Petersburg, VSEGEI, 2022, pp. 61–62.

13. Iskyul G. S. Fosfatizirovannyye poverkhnosti peryrya v izvestnyakakh kundaskogo gorizonta (darrivil'skiy yarus, sredniy ordovik) Severo-Zapada Rossii [Morphology, genesis and facies of the phosphatized discontinuity surfaces in the Kunda Regional Stage (Middle Ordovician, Darrivilian) of North-West Russia]. *Regional Geology and Metallogeny*, 2019, no. 78, pp. 5–20.

14. Iskül G. S. Tsiklostratigrafiya i fatsii nizhnedarrivil'skikh otlozheniy (sredniy ordovik) severo-zapada Russkoy plity [Cyclostratigraphy and facies of the Lower Darrivilian deposits (Middle Ordovician) of the northwestern Russian Plate]. *Abstract of PhD thesis*. St. Petersburg, 2017, 23 p. + 3 vkl.

15. Mägi S. O. Stratigrafiya i fauna ontikaskikh otlozheniy [Stratigraphy and fauna of the Ontika subseries]. *Abstract of Ph.D. Thesis*. Tallin, AN ESSR, 1984, 29 p.

16. Männil R. M., Rõõmusoks A. K. Reviziya litostratigraficheskoy skhemy raschleneniya ordovika Severnoy Estonii [Revision of the lithostratigraphic scheme of subdivision of the Ordovician of Northern Estonia]. *Stratigraphy of ancient Paleozoic deposits of the Baltic region*. Tallin, 1984, pp. 52–62.

17. Männil R. M. Voprosy sopostavleniya ordovikskikh otlozheniy Estonii i Leningradskoy oblasti [Questions of comparison of the Ordovician of Estonia and the Leningrad region]. *Paleontology and stratigraphy of the Paleozoic of the eastern Baltic. Proceedings Inst. Geol. Est. Academy of Sciences. XIII*, 1963, pp. 3–40.

18. Männil R. M. Istoriya razvitiya Baltiyskogo basseyna v ordovike [History of the development of the Baltic basin in the Ordovician]. Tallin, Valgus, 1966, 200 p.

19. Orviku K. Litofatsial'nye osobennosti ordovikskikh gorizontov volkhov (B_{II}), kunda (B_{III}) i azeri (C_{1a}) v severnoy chasti Estonskoy SSR [Lithofacies features of the Ordovician Volkhov (B_{II}), Kunda (B_{III}) and Aseri (C_{1a}) Regional Stages in the northern part of the Estonian SSR]. *International Geological Congress. XXI session. Reports of Soviet geologists*. Leningrad, 1960, pp. 71–82.

20. Resheniya mezhvedomstvennogo regional'nogo stratigraficheskogo soveshchaniya po ordoviku i siluru Vostochno-Evropeyskoy platformy 1984 g. s regional'nymi stratigraficheskimi skhemami [Decisions of the interdepartmental regional stratigraphic meeting on the Ordovician and Silurian of the East European Platform in 1984 with regional stratigraphic schemes]. Leningrad, Nedra, 1987, 115 p.

21. Rõõmusoks A. K. Stratigrafiya viruskoy i khar'yuskoy seriy (ordovik) Severnoy Estonii [Stratigraphy of the Viru and Harju series (Ordovician) of Northern Estonia]. Tallin, Valgus, 1970, 343 p.

22. Stratigraficheskij slovar' SSSR. Noveye stratigraficheskie podrazdeleniya paleozoya SSSR [Stratigraphic

Dictionary of the USSR. New stratigraphic Paleozoic units of the USSR]. Leningrad, Nedra, 1991, 556 p.

23. Bekker H. Ülevaade Eesti ordoviitsiumi ja siluuri kohta käivatest uurimistest. *Loodus*, 1922, vol. 4, pp. 217–244.

24. Dronov A., Rozhnov S. Climatic changes in the Baltoscandian basin during the Ordovician: sedimentological and palaeontological aspects. *Acta Palaeontologica Sinica*, 2007, vol. 46 (suppl.), pp. 108–113.

25. Dronov A., Holmer L. E. Depositional sequences in the Ordovician of Baltoscandia. In Quo vadis Ordovician? Short Papers of the 8th International Symposium on the Ordovician System. Eds. P. Kraft, O. Fatka. *Acta Universitatis Carolinae. Geologica*, 1999, vol. 43, no. 43, pp. 133–136.

26. Dunham R. J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. Ed. W. E. Ham. *Classification of carbonate rocks. Amer. Assoc. of Petroleum Geologists Memoir. 1*, 1962, pp. 108–121.

27. Friedman G. M. Terminology of crystallization textures and fabrics in Sedimentary Rocks. *SEPM Journal of Sedimentary Research*, 1965, vol. 35, no. 3, pp. 643–655.

28. Geologic Time Scale 2020. Vol. 2. Eds. F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. Schmitz, G. Ogg, 2021, 1176 p.

29. Ivantsov A. The trilobites of subfamily Asaphinae of Baltic-Ladoga clint. *Paleont. J.*, 2003, vol. 37, suppl. 3, pp. 231–336.

30. Jaansoon-Orviku K. Beitrage zur Kenntnis der Ase-riund der Talinna Stufe in Eesti. *Acta et Commentationes Universitatis Dorpatensis*, 1927, vol. 116, pp. 1–40.

31. Jaanusson V. Faunal dynamics in the Middle Or- dovician (Viruan) of Balto-Scandia. Ed. M. G. Bassett. *The*

Ordovician System. Proceedings of a Palaeontological Association symposium, Birmingham, 1976, pp. 301–326.

32. Lindskog A., Eriksson M. E., Rasmussen J. A., Dronov A., Rasmussen C. M. Ø. Middle Ordovician carbonate facies development, conodont biostratigraphy and faunal diversity patterns at the Lynna River, northwestern Russia. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 2020, vol. 69, no. 1, pp. 37–61.

33. Orviku K. Die Rautenvariationen bei Echinospaerites aurantium Gyll. und ihre stratigraphische Verbreitung in estnischen Ordoviciem. *Tartu Ülikooli Geoloogia Instituudi Toimetused*, 1927, vol. 8, pp. 1–16.

34. Orviku K. Lithologie der Tallinna-Serie (Ordovizium, Estland) I. *Acta et Comm. Univ. Tartuensis A*, XXXVI, 1940, vol. 1, pp. 1–249.

35. Raymond P. The Correlation of the Ordovician Strata of the Baltic Basin with those of Eastern North America. *Bull. Museum Compar. Zool. Harv. Coll.*, 1916, vol. 56, no. 3, pp. 43–48.

36. Schmidt F. Revision der ostbaltischen silurischen Trilobiten nebst geognostischer Übersicht des ostbaltischen Silurgebiets. Abt. 1: Phacopiden, Cheiruriden und Encrinuriden. *Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersburg. VII Serie*, 1881, vol. 30, no. 1, 238 p.

37. Schmidt F. Excursion durch Estland. *Guide des excursions du VII Congrès Géologique International XII*. St. Petersburg, M. Stassulewitsch, 1897, pp. 1–21.

38. Sibley D. F., Gregg J. M. Classification of dolomite rock textures. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1987, vol. 57, no. 6, pp. 967–975.

Искюль Георгий Сергеевич – канд. геол.-минерал. наук, науч. сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (Институт Карпинского). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106. <geo-iskyul@yandex.ru>

Iskül Georgy Sergeevitch – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Researcher, All-Russian Geological Research Institute of A. P. Karpinsky (Karpinsky Institute). 74 Sredny Pr., St. Petersburg, Russia, 199106. <geo-iskyul@yandex.ru>