DOI: 10.17353/2070-5379/24_2023

УДК 561.26:551.735.1(470.13)

Вевель Я.А.
Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук - обособленное подразделение ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН), Сыктывкар, Россия, yadviga_vevel@mail.ru
Иванова Р.М.
Институт геологии и геохимии им. академика А.Н. Заварицкого Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия, geoivanur@mail.ru
Груздев Д.А., Журавлев А.В.
Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук - обособленное подразделение ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН), Сыктывкар, Россия, dagruzdev@geo.komisc.ru, micropalaeontology@gmail.com

ВОДОРОСЛИ ПОГРАНИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВИЗЕЙСКОГО И СЕРПУХОВСКОГО ЯРУСОВ В РАЗРЕЗЕ НА Р. ИЗЪЯЮ (ЮГ ПОДНЯТИЯ ЧЕРНЫШЕВА)

Рассмотрены изменения состава альгофлоры в пограничном визейско-серпуховском интервале в разрезе на р. Изъяю. В целом по разрезу наблюдается трансгрессивный тренд в изменении условий осадконакопления - от крайнего мелководья в конце визе до умеренного глубоководья в конце раннего - начале позднего серпухова. Такое изменение условий обусловило последовательное сокращение обилия и разнообразия известковых водорослей. Состав альгофлоры позднего визе - раннего серпухова в разрезе на р. Изъяю отвечает мелководным тепловодным условиям.

Ключевые слова: *известковые водоросли, изменение условий осадконакопления, нижний карбон, гряда Чернышева.*

Введение

Пограничный интервал визейского и серпуховского веков отвечает началу основной фазы позднепалеозойского ледникового периода (Late Palaeozoic Ice Age) [Fielding, Frank, Isbell, 2008; Goddéris et al., 2017]. Этому времени соответствуют образование покровного оледенения в южной части Гондваны и существенное глобальное изменение климата. В северном полушарии покровное оледенение не известно, однако смена типа климата привела к формированию аридного субтропического пояса в северной части Лавруссии [Boucot, Chen, Scotese, 2013]. С ледниковым типом климата связаны также высокоамплитудные гляциоэвстатические трансгрессии и регрессии, особенно ярко проявившиеся в отложениях обширных карбонатных платформ.

Карбонатная платформа Печорской плиты, ограниченная с запада Тиманской сушей, а с востока серией остаточных некомпенсированных впадин, формировалась на границе субтропического и теплого умеренного климата [Груздев, 2017; Boucot, Chen, Scotese, 2013].

Периодические смены оледенений и межледниковий, сопровождавшиеся регрессиями и трансгрессиями, в поздневизейско-раннесерпуховское время оказали существенное влияние на мелководные экосистемы. Особенно чувствительны к изменениям уровня моря фототрофные бентосные организмы, в частности - известковые водоросли.

Цель данной работы состоит в реконструкции водорослевых ассоциаций в краевой части карбонатной платформы в поздневизейско-раннесерпуховское время и связи этих ассоциаций с условиями окружающей среды.

Материал

Материалом для исследований послужили результаты изучения разреза пограничных визейско-серпуховских отложений в заброшенном карьере на левом берегу р. Изъяю в районе ж/д станции Джинтуй (N 65.55243, E 58.64717). Участок расположен в южной части поднятия Чернышева, в пределах Изъяюского блока [Тимонин, 1975], сложен позднедевонско-раннепермскими карбонатными образованиями, смятыми в разнопорядковые складки. Для него характерны субмеридианальные разрывные нарушения взбросо-надвиговой кинематики и узкие складки с субмеридианальным простиранием шарниров (рис. 1) [Тимонин, 1975]. Вскрытые карьером отложения формируют ряд близких к изоклинальным складок. Из-за сложного тектонического строения детальное описание и опробование проведено для восточного крыла небольшой антиклинальной складки (рис. 2). Фрагмент нижней части разреза также изучен в западном крыле этой складки (см. рис. 2, 3).

Стратиграфическую основу для проведенных исследований составили ранее опубликованные и новые данные о распределении конодонтов и фораминифер [Елисеев, 1963, 1978; Журавлев, Соболев, 2000; Vevel et al., 2000; Kossovaya, Vevel, Zhuravlev, 2001; Журавлев, 2003; Вевель, 2004; Отмас, Журавлев, 2016], а также изотопно-стратиграфические данные [Zhuravlev et al., 2023]. В качестве границы визейского и серпуховского ярусов принят уровень первой находки конодонтов *Lochriea ziegleri* Nemirovskaya, Perret et Meischner. Такое положение границы ярусов в настоящее время рассматривается как наиболее перспективный вариант для установления GSSP [Richards, 2013; Sevastopulo, Barham, 2014]. По имеющимся данным граница ярусов проходит в верхней части пачки 5 (рис. 3).

Из рассматриваемой части разреза отобраны 43 образца на шлифы и 40 образцов на конодонты. Для изучения водорослей изготовлено 139 различно ориентированных шлифов.

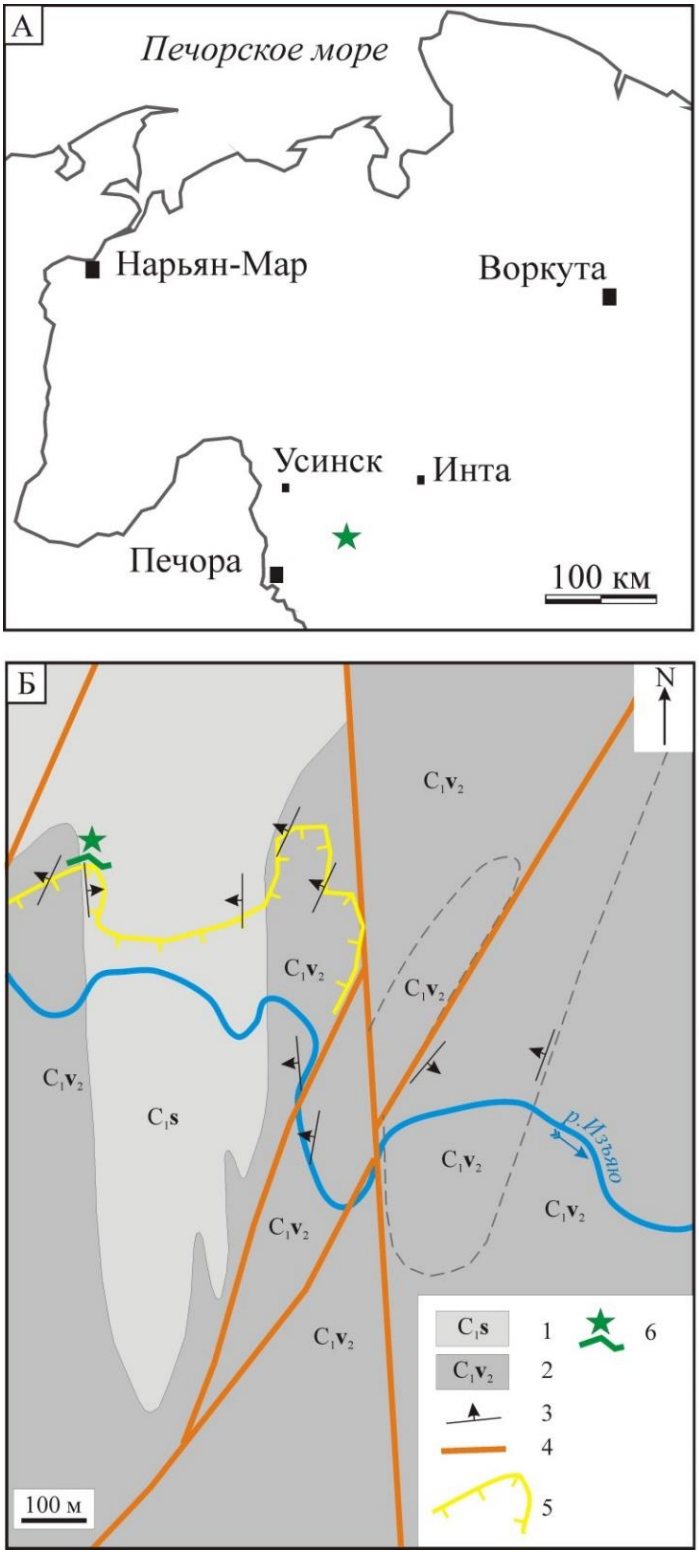


Рис. 1. Схема расположения изученного разреза на р. Изъяю

1 - серпуховский ярус; 2 - визейский ярус, верхний подъярус; 3 - элементы залегания; 4 - разрывные нарушения; 5 - борт карьера; 6 - изученный разрез.

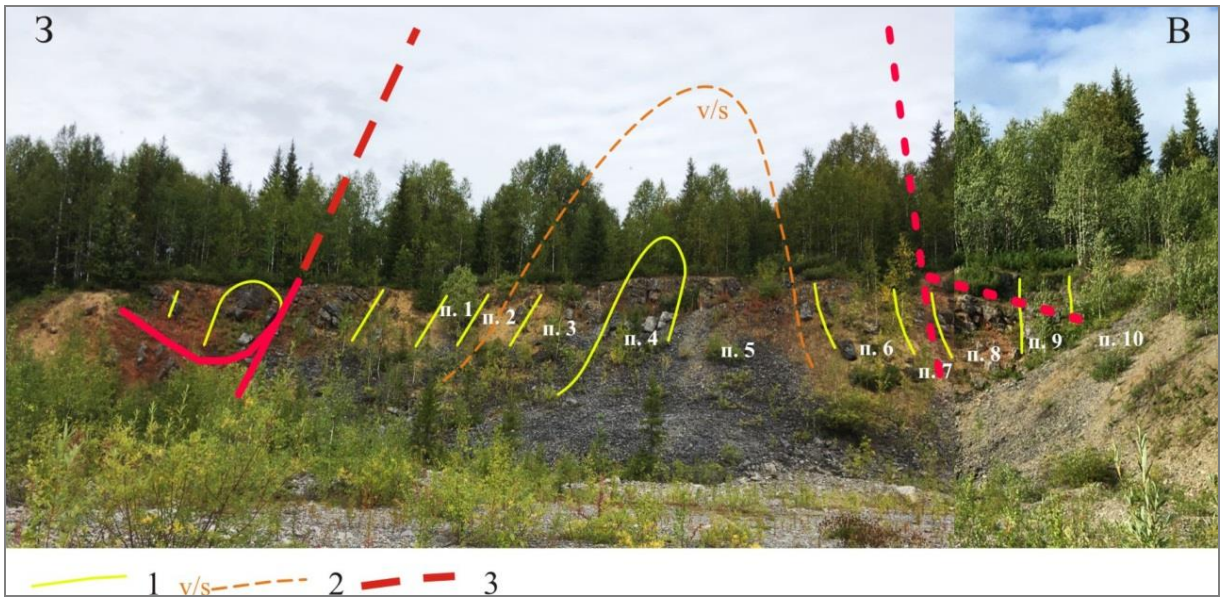


Рис. 2. Фотопанорама разреза в северном борту старого карьера

Указаны номера пачек полевого описания разреза.

1 - границы пачек; 2 - граница визейского и серпуховского ярусов; 3 - предполагаемые разрывные нарушения.

Методы

На основе полевого описания разреза и изучения шлифов по структурно-текстурным признакам и характерному набору органических остатков выделены фациальные типы отложений. Они сопоставлены с моделью карбонатной седиментации М. Ирвина [Irwin, 1965], в которой определены три фациальных пояса: тиховодное мелководье (лагуна, закрытое мелководье); активноводное мелководье (подводные валы, бары, лоскутные пески); тиховодное глубоководье (гемипелагические и пелагические осадки, контуриты, турбидиты и темпеститы). Каждому поясу соответствует сочетание текстурно-структурных характеристик отложений. В рассматриваемом разрезе представлены отложения активноводного мелководья и тиховодного глубоководья (рис. 4).

Анализ таксономического состава и разнообразия водорослей осуществлялся по шлифам. Относительное обилие фоссилий оценивалось по соотношению площади, занимаемой представителями таксона на шлифе.

Результаты

Литологическая характеристика изученного разреза

Строение изученной части разреза охарактеризовано в нижней части по двум крыльям складки - западному (пачки 4-1) и восточному (пачки 4-5), а в верхней - только по одному, восточному, крылу. Описание дается снизу вверх в нормальной стратиграфической последовательности для восточного крыла складки, начиная с 4 пачки.

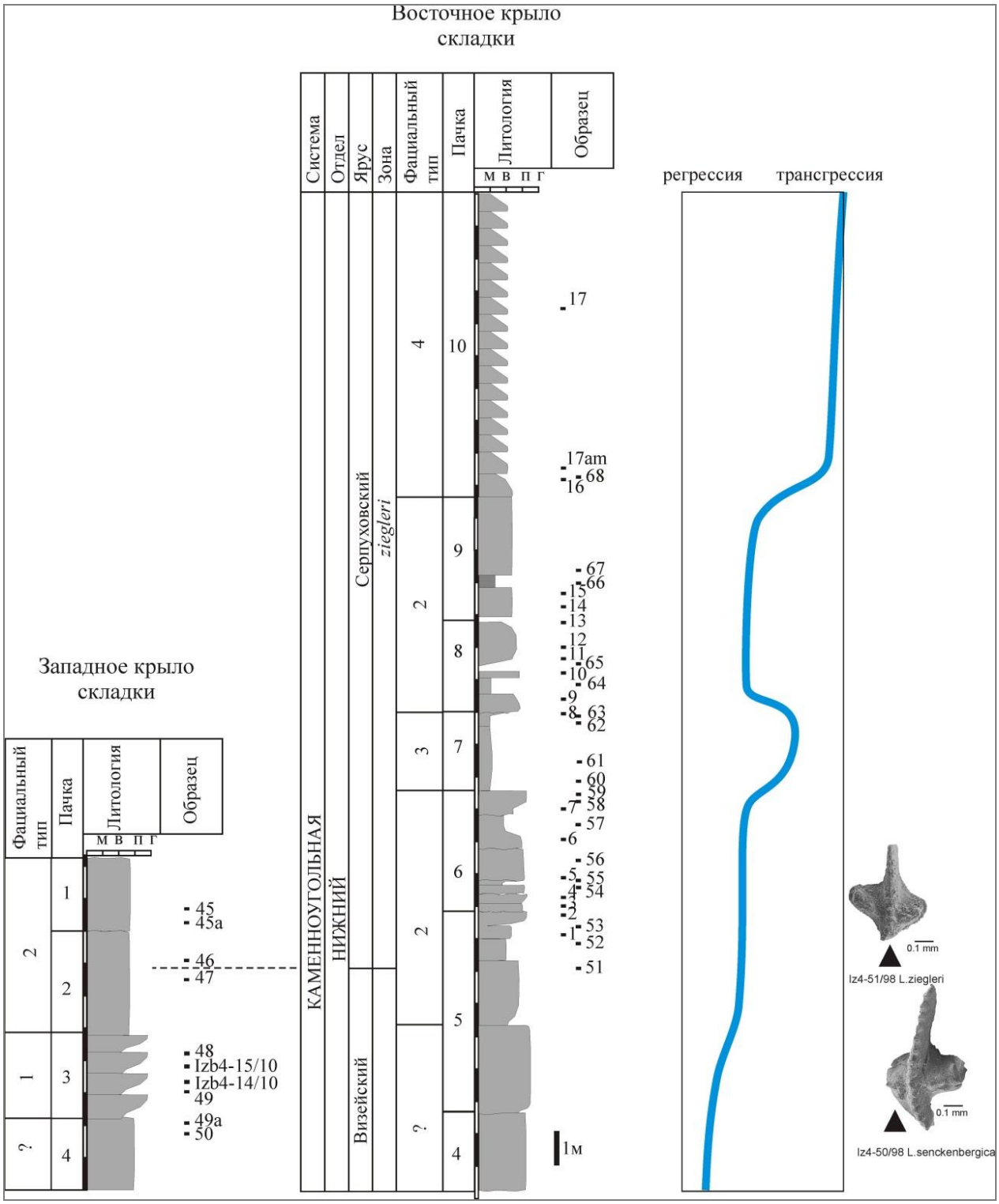


Рис. 3. Стратиграфическая колонка изученной части разреза

Отмечены уровни первых находок конодонтов Lochriea senckenbergica Nemirovskaya, Perret, Meischner и Lochriea ziegleri Nemirovskaya, Perret, Meischner.

М - мадстоун; В - вакстоун; П - пакстоун; Г - грейнстоун.

Номера образцов с Iz-4-45 по Iz-4-68 обозначены как 45 - 68, номера образцов с Iz41/1 по Iz41/17am - как 1 - 17am.

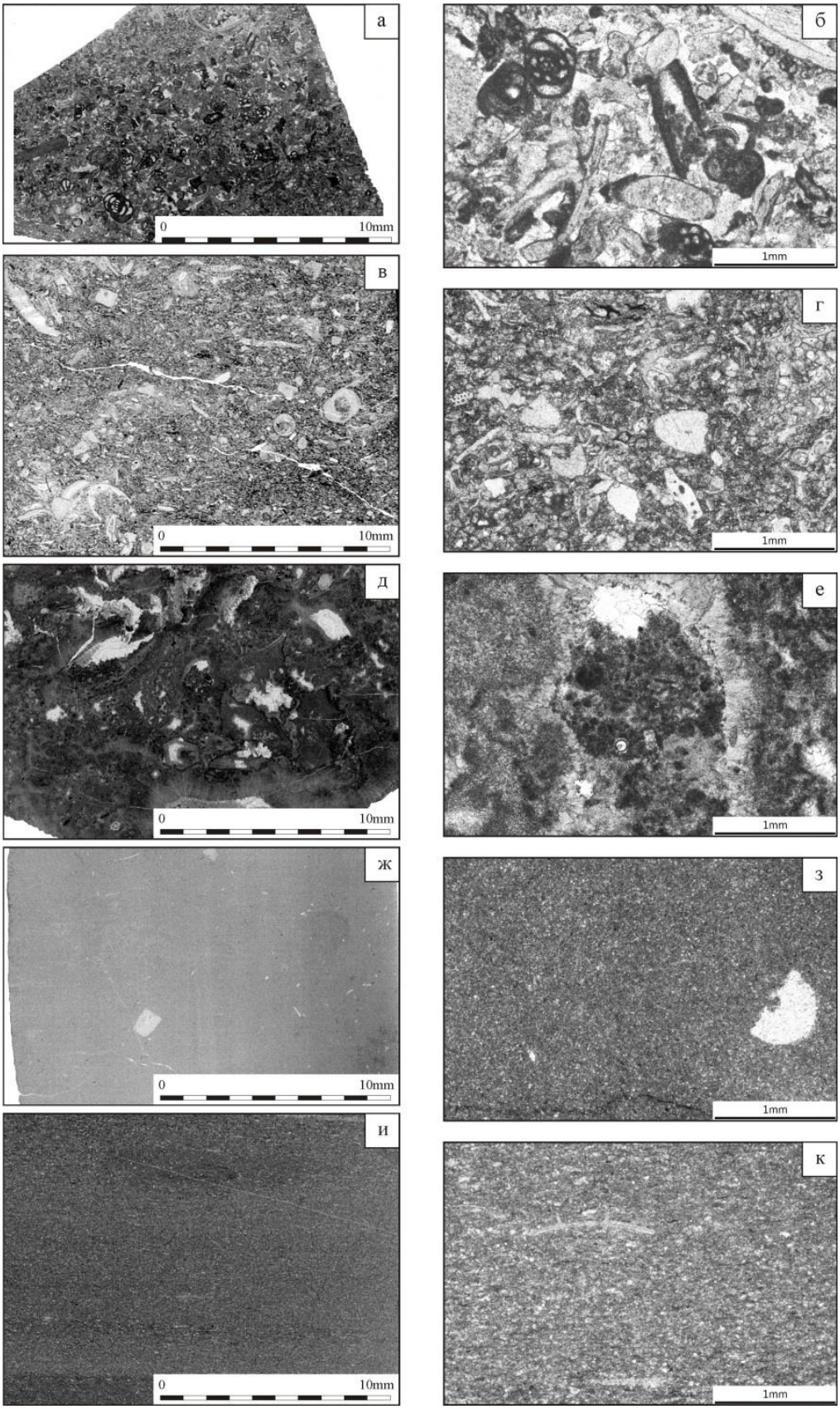


Рис. 4. Фотографии шлифов основных фациальных типов

а, б - первый тип: а - пак-грейнстоун, обр. Izb-4-15/10, б - увеличенный фрагмент обр. Izb-4-15/10; в, г - второй тип: в - пакстоун, обр. Iz 4-45, г - увеличенный фрагмент обр. Iz 4-45; д - фреймстоун, обр. Iz 41/5, е - увеличенный фрагмент обр. Iz 41/5; ж, з - третий тип: ж - мадстоун, обр. Iz 4-63, з - увеличенный фрагмент обр. Iz 4-63; и, к - четвертый тип: и - градационный мад-вакстоун, обр. Iz 41/17, к - увеличенный фрагмент обр. Iz 41/17.

4. Известняки желтые, доломитистые, массивные, перекристаллизованные. Редкие конодонты *Gnathodus bilineatus* (Roundy), *Lochriea senckenbergica* Nemirovskaya, Perret, Meischner. Видимая мощность пачки, образующей ядро антиклинали, составляет 2,5 м.

5. Известняки темно-серые, массивные, местами волнистослоистые, органогенно-обломочные (водорослевые пакстоуны, вак-пакстоуны, грейнстоуны с содержанием органогенного детрита от 13 до 80%, местами сгустково-водорослевые), в нижней части - с линзовидными кремнистыми стяжениями. В известняках встречены остатки криноидей, морских ежей, брахиопод, фораминифер, остракод, ругоз, мшанок, конодонтов (*Lochriea senckenbergica* Nemirovskaya, Perret, Meischner, *L. commutata* (Branson et Mehl), *L. cruciformis* (Clarke), *L. mononodosa* (Rhodes, Austin, Druce), *L. ziegleri* Nemirovskaya, Perret, Meischner, *L. monocostata* (Pazuhin et Nemirovskaya), *Gnathodus bilineatus* (Roundy), *G. girtyi collinsoni* Rhodes, Austin, Druce, *Mestognathus bipluti* Higgins, *Hindeodus scitulus* (Hinde)). В этой пачке наблюдается максимальное разнообразие конодонтов. В средней части пачки отмечены кораллы *Dibunophyllum*, а в верхней части появляются кораллы *Bradyphyllum и Koninckophylloides* [Kossovaya, Vevel, Zhuravlev, 2001]. Мощность пачки - 4,5 м. Граница визейского и серпуховского ярусов проводится в верхней половине пачки (обр. 51) по первой находке конодонтов *Lochriea ziegleri*.

6. Известняки темно-серые, волнисто-слойчатые, водорослево-пельматозоидные (вак-пакстоуны), с фораминиферами, остракодами, морскими ежами, брахиоподами, мшанками, редкими одиночными ругозами, единичными трилобитами, конодонтами (*Lochriea commutata* (Branson et Mehl), *L. senckenbergica* Nemirovskaya, Perret et Meischner, *L. mononodosa* (Rhodes, Austin, Druce), *L. ziegleri* Nemirovskaya, Perret et Meischner, *L. nodosa* (Bischoff), *Gnathodus bilineatus* (Roundy), *G. girtyi* Hass, *Hindeodus scitulus* (Hinde)). Мощность пачки - 4 м.

7. Известняки светло-серые, глинистые, микритовые (мадстоуны), неотчетливо волнистослойчатые, с низким содержанием органогенного детрита: иглокожих, остракод, фораминифер, мшанок, брахиопод, спикул, рыб и конодонтов (*Lochriea commutata* (Branson et Mehl), *L. senckenbergica* Nemirovskaya, Perret, Meischner, *L. cruciformis* (Clarke), *L. mononodosa* (Rhodes, Austin, Druce), *L. ziegleri* Nemirovskaya, Perret, Meischner, *Gnathodus bilineatus* (Roundy), *G. girtyi collinsoni* Rhodes, Austin, Druce, *G. girtyi* Hass, *Hindoedus scitulus* (Hinde)). В средней части пачки - согласная со слоистостью тектоническая зона брекчирования мощностью 0,8 м. Мощность пачки - 2,4 м.

8. Известняки темно-серые, детритовые (вак- и пакстоуны, в верхней части водорослевые), слабо окремненные, микрослойчатые, со стяжениями окремненного микрокристаллического известняка. В известняках найдены одиночные кораллы,

брахиоподы, криноидеи, остракоды, рыбы и конодонты (*Lochriea commutata* (Branson et Mehl), *Gnathodus praebilineatus* Belka, *G. girtyi collinsoni* Rhodes, Austin, Druce, *G. girtyi simplex* Dunn, *G. girtyi* Hass). В верхней части слоя кораллы представлены родом *Asserculinia* [Kossovaya, Vevel, Zhuravlev, 2001]. Мощность пачки - около 2,8 м.

9. Известняки серые детритовые (вакстоуны), неотчетливо волнистослойчатые. Мощность - 3,8 м.

10. Пачка чередования известняков темно-серых, окремненных (мад- и вакстоуны, органогенный детрит - от 3 до 40%), микрослойчатых, с высоким содержанием дисперсного ОВ (органического вещества), радиоляриями, иглокожими, остракодами, редкими фораминиферами, брахиоподами, мшанками, рыбами и конодонтами (*Gnathodus bilineatus* (Roundy), *G. girtyi* Hass, *G. girtyi collinsoni* Rhodes, Austin, Druce; в верхней части *Gnathodus bollandensis* (Higgins et Bouckaert), *G. bilineatus* (Roundy), *G. bilineatus romulus* Meischner et Nemirovska, *Lochriea commutata* (Branson et Mehl), *G. girtyi* Hass) и известковисто-кремнистых аргиллитов темно-серых микрослойчатых. Последние образуют тонкие прослои. В известняках отмечается градационная сортировка органогенного детрита. Присутствуют линзовидные скопления остатков брахиопод, головоногих и брюхоногих моллюсков, а также члеников криноидей. Отложения формируют циклиты, представленные в нижней части вакстоунами с линзами биокластов и органических остатков, а в верхней - микрослойчатыми мад-вакстоунами и аргиллитами с раковинами беззамковых брахиопод, планктонных остракод и члениками криноидей. Водорослей нет. Видимая мощность пачки более 18 м. Верхняя часть пачки сопоставляется с верхним подъярусом серпуховского яруса по находкам конодонтов *Gnathodus bollandensis*, вида-индекса зоны, отвечающей протвинскому и запалтюбинскому горизонтам.

Распространение водорослей по разрезу приведено в табл. 1. Характерные экземпляры изображены на фототаблицах I-III.

Фациальная характеристика изученного разреза

По сочетанию структурно-текстурных признаков в разрезе выделяются четыре основных фациальных типа отложений (см. рис. 3):

1. Пакстоуны массивные до волнистослойчатых, прослоями до грейнстоунов (см. рис. 4а, б), с остатками криноидей, мшанок, брахиопод и кораллов (нижняя часть пачки 5). Отвечают активноводному мелководью выше базы воздействия волн на дно. Вариации гранулометрического состава отложений от пакстоунов до грейнстоунов, вероятно, обусловлены микрорельефом дна.

Таблица 1

Распространение водорослей по разрезу

	Sphaerinvia ? sp.	Sycidium sp. (aff. melo F.Sandberger, 1849)	Girvanella kasakiensis Maslov, 1949	Kamaena delicata Antropov, 1967	Kamaena pirleti Mamet et Roux, 1974	Kamaenella denbighi Mamet et Roux, 1974	Subkamaena sibirica R.Ivanova, 1988	Palaeoberesella sp.	Palaeoberesella lahuseni (Moeller, 1879)	Exvotarisella ? sp.	Exvotarisella index (Ehrenberg, 1854)	Exvotarisella maponi Elliot, 1970	Pseudokamaena sp.	Pseudokamaena dentifera R. Ivanova, 1990	Pseudokamaena armstrongi Mamet, 1972	Crassikamaena sp.	Crassikamaena foraminosa Brenckle, 1985	Parakamaena exilis R.Ivanova, 1988	Proninella sp.	Proninella gracilis Vachard, 1978	Proninella minuscularia R.Ivanova, 1990	Nanopora sp.	Nanopora fragilissima (Maslov, 1939)	Nanopora anglica Wood, 1964	Pseudonanopora stockmansi Mamet et Roux, 1975	Zidella sp.	Zidella maxima Saltovskaya, 1984	Zidella minor R. Ivanova, 1988	Beresella sp.	Dvinella distorta Kulik, 1964	Claracrusta sp.	Claracrusta catenoides (Homann, 1972)	Precorninella ? sp.Vachard, 1991	Asphaltinella sp.	Asphaltinella horowitzi Mamet et Roux, 1978	Issinella sainsii Mamet et Roux, 1975	Kulikia sp.	Kulikia sphaerica Golubtsov, 1961	Kulikia kunarensis R. Ivanova, 1999	Kulikia rosovskaiae (Mamet et Roux, 1975)	Koninckopora inflata (Koninck, 1842)	Eovelebitella sp.	Eovelebitella occitanica Vachard, 1974	Calcifolium sp.	Calcifolium okense Schvetzov et Birina, 1935	Fasciella kizilia R. Ivanova, 1973	Fasciella ivanovae Saltovskaya, 1984	Kulikaella partita R. Ivanova, 1990	Frustulata asiatica Saltovskaya, 1984	Stacheia marginulinoides Brady, 1876	Peristacheia sp.	Peristacheia jonesi Mamet et Roux, 1983	Fourstonella irregularis Mamet et Roux, 1977	Cuneiphycus sp.	Cuneiphycus texana Jonson, 1960	Mametella skimoensis Mamet et Rudloff, 1972	Eflügelia johnsoni (Flugel, 1966)	Stacheoides meandriformis Mamet et Rudloff, 1972	Stacheoides polytrematoides Brady, 1876	Epistacheoides sp.
Iz-4-47													x				x			x														x											x	cf.		x										x	cf.					
Iz-4-46														x																																x	x		cf.												x
Iz-4-48	x		x			cf.												x								x	x			x					x			ex gr.								x	x			?												x
Izb4-15				x					cf.	x	x																				?											x					x			x											
Izb4-14					x																				x																	x					x			x										
Iz-4-51						?		?			x		x				x		x				ex gr.							x			x		x	x	x	cf.	x	cf.					x						x			x			x		x	x		ex gr.		
Iz-4-52																																																						x			x			ex gr.		x
Iz-41/1											x																		ex gr.																x				?											
Iz-4-53																																																		x										
Iz-41/2																														x															x															
Iz-41/3		x																										x								x	x	ex gr.	x		x	x		x	x															
Iz-41/4																																				x								x															
Iz-4-54								x														x									x					x	x						x											x				
Iz-4-55														cf.									x														ex gr.								x													cf.	
Iz-41/7																											x																		x	x												
Iz-4-57															cf.					ex gr.												x											x		x									x			
Iz-4-58																										x		ex gr.							ex gr.			cf.							x	x				cf.									
Iz-41/8																				x																									x													
Iz-41/10																																								x					x													
Iz-41/11				x		x					x						x										x					x			x				ex gr.	x					x													
Iz-41/12				x							x	x					x																												x										x			
Iz-41/13										x																																			x													
Iz-41/14								x			x						x	x												x															x													
Iz-41/15							ex gr.			x	x				x	x					x				x					x					x										x										x		x			

2. Вак-пакстоуны массивные и волнистослойчатые с остатками криноидей, мшанок, брахиопод и ругоз, местами водорослевые (см. рис. 4в, г), чередующиеся с подчиненными прослоями мадстоунов. Соответствуют умеренно активноводному мелководью выше базы воздействия волн на дно (верхняя часть пачки 5, пачки 6, 8 и 9). Сюда же можно отнести и фреймстоуны (см. рис. 4ж, з), наиболее часто встречающиеся в пачке 6. Для них характерны обильные микробиальные корки и заполнение промежуточного пространства вакстоуном, а также остаточные пустоты, выполненные крупнокристаллическим кальцитом. Вариации гранулометрического состава отложений, вероятно, обусловлены микрорельефом дна и мозаичностью донных ландшафтов. Средний изотопный состав кислорода карбонатов этого фациального типа - 25,9‰ (см. приложение к статье [Zhuravlev et al., 2023]), что позволяет предположить тепловодные (температуры около +24°...+29°C) условия в придонном слое воды.

3. Мадстоуны (реже вакстоуны) неотчетливо волнистослойчатые с единичными остатками мшанок и брахиопод (см. рис. 4д, е) (пачка 7). Отвечают тиховодному относительному глубоководью ниже базы воздействия волн на дно.

4. Мад- и вакстоуны глинистые с градационной сортировкой биокластов, линзовидно- и микрослойчатые (см. рис. 4ж, з) (пачка 10). Характерны линзовидные скопления биокластов, раковин брахиопод, головоногих и брюхоногих моллюсков, а также члеников криноидей.

Отложения формируют циклиты, представленные в нижней части вакстоунами с линзами биокластов и органических остатков, а в верхней - микрослойчатыми мадстоунами, часто глинистыми. Соответствуют относительному глубоководью ниже базы воздействия волн на дно с развитием отложений турбидных потоков.

Остатки известковых водорослей встречены только в отложениях, отвечающих первому и второму фациальному типам, то есть - области активноводного мелководья. На рис. 5 отмечено распределение водорослей в выделенных фациальных типах известняков.

В первом, самом мелководном типе известняков (пачка 3) в верхневизейской части разреза встречены два сообщества водорослей.

В первом сообществе преобладающими являются дазикладовые сем. Cyclocrinaceae *Koninckopora inflata* (Koninck), в меньшем количестве присутствуют сифоновые *Fasciella kizilia* R.°Ivanova, *Frustulata asiatica* Saltovskaya. Среди палеоберезелляций отмечены единично *Kamaena delicata* Antropov, *K. pirleti* Mamet et Roux, *Palaeoberesella* cf. *lahuseni* (Moeller), *Parakamaena exilis* R.°Ivanova и *Exvotarisella index* (Ehrenberg), среди березелляций *Nanopora anglica* Wood.

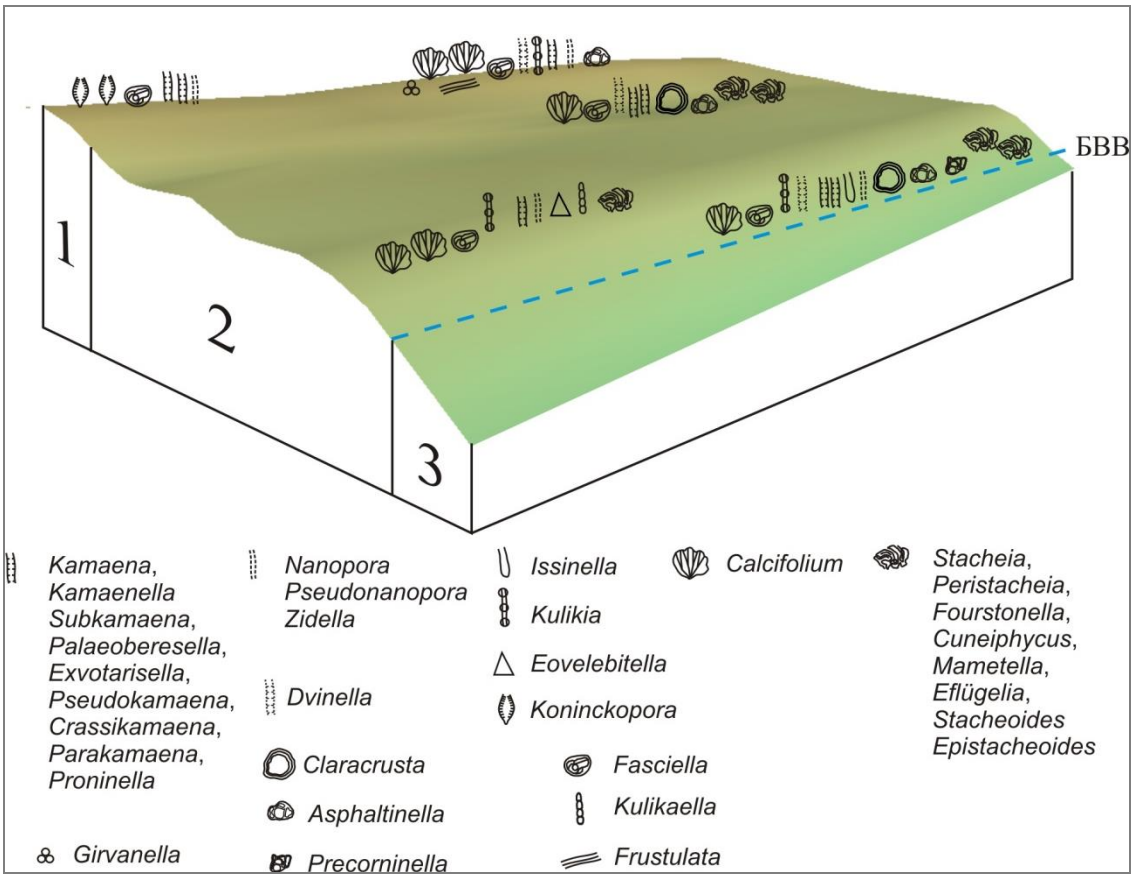


Рис. 5. Распределение водорослей по фациям

1 - первый фациальный тип; 2 - второй фациальный тип; 3 - третий фациальный тип. БВВ - базис воздействия волн на дно.

Во втором преобладают хорошей сохранности сифоновые сем. Anchicodiaceae *Calcifolium okense* Schvetzov et Birina. Присутствуют *Fasciella kizilia* R. Ivanova, *Dvinella distorta* Kulik и *Frustulata asiatica* Saltovskaja, также редкие представители сем. Palaeoberesellaceae *(Kamaenella* cf. *denbighi* Mamet et Roux, *Parakamaena exilis* R.°Ivanova), сем. Beresellaceae (*Zidella maxima* Saltovskaja), дазикладовые *Kulikia* ex gr. *sphaerica* Golubtsov, сем. Wetheredellaceae (*Asphaltinella horowitzi* Mamet et Roux), единичные цианобактерии *Girvanella kasakiensis* Maslov.

Выше по разрезу, в серпуховской части, первый фациальный тип известняков сменяется вторым (верхняя половина пачки 5 и 6 пачка, 8 и 9 пачки). В известняках второго типа намечаются небольшие текстурно-структурные отличия, которые позволяют предположить некоторую расчлененность рельефа мелководной части морского дна, в которой они накапливались. Здесь отмечены наиболее благоприятные условия для водорослей. Известковые водоросли распространены как на микровозвышениях, сложенных более крупнозернистым осадком (преимущественно пакстоуны, иногда фреймстоуны), так и в микропонижениях с более илистым дном (преимущественно вакстоуны). В предположительно микробиальных фреймстоунах водоросли практически не встречены. В

известняках, отвечающих микровозвышениям, преобладают *Calcifolium okense* Schvetzov et Birina и *Fasciella kizilia* R. Ivanova, присутствуют редкие Palaeoberesellaeae и Beresellaeae (единичные *Nanopora*, *Zidella maxima* Saltovskaja, *Z.* ex gr. *minor* R. Ivanova, единичные *Claracrusta* sp. (близкие к *catenoides* (Homann)), Wetheredellaceae (*Asphaltinella horowitzi* Mamet et Roux), встречено несколько видов дазикладовых *Kulikia* (*K. sphaerica* Golubtsov, *K.* ex gr. *kunarensis* R.°Ivanova, *K. rosovskaiae* (Mamet et Roux)), *Eovelebitella occitanica* Vachard, *Kulikaella* cf. *partita* R.°Ivanova. Также отмечены редкие красные *Stacheia* cf. *marginulinoides* Brady, *Cuneiphycus texana* Johnson, *Eflügelia johnsoni* (Flügel), *Stacheoides* cf. *polytrematoides* Brady.

В известняках, отвечающих микропонижениям, преобладают *Calcifolium okense* Schvetzov et Birina, меньше становится *Fasciella kizilia* R. Ivanova, но встречена в единичном случае *Fasciella ivanovae* Saltovskaja, также редки, но немного разнообразнее представители Palaeoberesellaceae (*Kamaena delicata* Antropov, *Kamaenella denbighi* Mamet et Roux, *Exvotarisella index* (Ehrenberg), *Pseudokamaena armstrongi* Mamet, *Crassikamaena foraminosa* Brenckle, *Parakamaena exilis* R.°Ivanova, *Proninella gracilis* Vachard, менее разнообразны Beresellaceae (единичные *Nanopora fragilissima* (Maslov), *Dvinella distorta* Kulik, *Claracrusta catenoides* (Homann)) и *Asphaltinella horowitzi* Mamet et Roux. В одном образце, отнесенном к известнякам, переходным к третьему типу, также отмечены разнообразные *Kulikia* (*K.* cf. *sphaerica* Golubtsov, *K. kunarensis* R.°Ivanova, *K.* cf. *rosovskaiae* (Mamet et Roux)). В отложениях, отвечающих понижениям рельефа дна, встречено немного больше экземпляров *Claracrusta catenoides* (Homann), и разнообразнее представители красных водорослей: *Stacheia marginulinoides* Brady, *Peristacheia* sp., *P. johnesi* Mamet, *Fourstonella irregularis* Mamet et Roux, *Cuneiphycus texana* Johnson, *Mametella skimoensis* (Mamet et Rudloff), *Eflügelia johnsoni* (Flügel), *Stacheoides* ex gr. *meandriformis* (Mamet et Rudloff), *Epistacheoides* sp.

В третьем (пачка 7) и четвертом (пачка 10) фациальных типах остатки известковых водорослей не встречены. Формирование этих отложений происходило в условиях существенного увеличения глубины бассейна.

Обсуждение результатов

Поздневизейско-раннесерпуховские известковые водоросли приурочены к активноводному мелководью. Главная роль в сообществах альгофлоры принадлежит зеленым водорослям, предпочитающим обстановки мелкого теплого моря с нормальным освещением. Доминантными формами являются сифоновые зеленые водоросли *Calcifolium okense* Schvetzov et Birina, несколько видов *Kulikia* из дазикладациевых. Редки сифоновые *Fasciella kizilia* R.°Ivanova, и *F. ivanovae* Saltovskaja. Представители сем. Palaeoberesellaceae

присутствуют в умеренном количестве и не слишком разнообразны в таксономическом плане. Среди них господствующее положение занимают *Exvotarisella*, *Crassikamaena* и *Proninella*. Из сем. Beresellaceae преобладающими являются *Dvinella distorta* Kulik, редко встречены зиделлы (*Z. maxima* Saltovskaja и *Z. minor* R.°Ivanova) и *Claracrusta catenoides* (Homann). Присутствуют экземпляры, близкие по строению к родам *Frustulata* и *Kulikaella*.

Среди красных водорослей обнаружены единичные *Eflügelia, Cuneiphycus, Fourstonella* и редкие *Epistacheoides, Stacheoides, Mametella, Stacheia.* Их численность в сообществах крайне незначительна, как и цианофит, встреченных только в одном образце и представленных родом *Girvanella*.

Водорослевые ассоциации, при общем преобладании *Calcifolium okense* Schvetzov et Birina, на различных формах микрорельефа дна слегка отличались. На возвышенных участках более значительную роль играли *Fasciella,* а в понижениях - более разнообразные представители красных водорослей. Также можно отметить, что водоросли предпочитали теплые воды, что в целом отмечали многие исследователи ([Elliott, 1991; Иванова, 2013] и др.).

К особенностям изученного разреза можно отнести то, что не найдены представители красных водорослей рода *Ungdarella*, которые встречены в изобилии в верхнем визе и серпухове западного и восточного склонов южной части Урала ([Иванова, 2013] и др.) и отмечены в нижнем серпухове на Приполярном Урале [Вевель, Журавлев, Груздев, 2018]. Кроме того, в разрезе наблюдается более раннее, с конца позднего визе, появление вида *Dvinella distorta* Kulik, в отличие от разрезов Среднего и Южного Урала, где он единично отмечен только в верхней части серпухова [Богуш, Иванова, Лучинина, 1990; Иванова, 2013]. На Приполярном Урале находки этого вида известны в нижнем серпухове [Вевель, Журавлев, Груздев, 2018].

В целом по разрезу на р. Изъяю наблюдается трансгрессивный тренд в изменении условий осадконакопления. Постепенное повышение уровня моря, фиксируемое в разрезе, согласуется с аналогичным трендом, наблюдаемым в разрезах юго-запада Лыжско-Кыртаельского вала [Журавлев, 2023] и в других регионах Тимано-Печорской провинции [Zhuravlev et al., 2023]. Скорее всего, общая трансгрессивная направленность наблюдаемых вариаций свидетельствует об их эвстатической природе (вклад локальной тектоники невелик) и совпадает с началом развития обширной среднесерпуховской гляциоэвстатической трансгрессии. Эта трансгрессия обусловила изменение альгофлоры в течение поздней части позднего визе и раннего серпухова в изучаемом районе в сторону уменьшения как количества, так и родового/видового разнообразия, вплоть до полного исчезновения.

Заключение

Изучение известковых водорослей в разрезе на р. Изъяю позволяет сделать несколько выводов.

- Отмечена обусловленность распределения известковых водорослей локальными условиями при общем обеднении в раннем серпухове на фоне гляциоэвстатической трансгрессии.
- Состав альгофлоры позднего визе - раннего серпухова отвечает тепловодным условиям крайнего мелководья.
- В рассматриваемом разрезе наблюдается более раннее, по сравнению с Южным и Средним Уралом, с позднего визе, появление *Dvinella distorta* Kulik, а также отсутствие красных водорослей рода *Ungdarella*.

Авторы выражают благодарность P. Brenckle за продуктивное обсуждение морфологии Dvinella distorta Kulik, а также О.Л. Коссовой, Д.Б. Соболеву и И.С. Котику за неоценимую помощь при проведении полевых работ.

Исследования выполнены в рамках госзаданий по темам 1220406000010-8, 1220406000008-5, 123011800010-5.

Литература

Богуш О.И., Иванова Р.М., Лучинина В.А. Известковые водоросли верхнего фамена и нижнего карбона Урала и Сибири. - Новосибирск: Наука: Сиб. отд., 1990. - 160 с.

Вевель Я.А. Фораминиферы пограничных визейско-серпуховских отложений в разрезе на р. Изъяю (гряда Чернышева) // Геология и минеральные ресурсы Европейского северо-востока России: материалы XIV геол. съезда Республики Коми. - Сыктывкар, 2004. - Т. III. - С. 308-310.

Вевель Я.А., Журавлёв А.В., Груздев Д.А. Нижний серпухов (нижний карбон) в бассейне р. Кожим (Приполярный Урал) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2018. - Т.13. - №4. - http://www.ngtp.ru/rub/2018/35_2018.html DOI: 10.17353/2070-5379/35_2018

Груздев Д.А. Позднедевонско-раннекаменноугольная изолированная карбонатная платформа на Приполярном Урале (р. Бол. Надота) // Вестник Института геологии. - 2017. - № 4. - С. 16-23.

Елисеев А.И. Стратиграфия и литология каменноугольных отложений гряды Чернышева. - М.-Л.: Наука, 1963. - 168 с.

Елисеев А.И. Формации зон ограничения северо-востока Европейской платформы (поздний девон и карбон). - Л.: Наука, 1978. - 192 с.

Журавлев А.В. Конодонты верхнего девона- нижнего карбона северо-востока Европейской России. - СПб.: ВСЕГЕИ, 2003. - 85 с.

Журавлев А.В. Местная стратиграфическая схема верхнего девона - нижнего карбона юго-запада Лыжско-Кыртаельского вала (восток Печорской плиты) // Нефтегазовая геология.

Теория и практика. - 2023. - Т.18. - №1. - http://www.ngtp.ru/rub/2023/8_2023.html DOI: 10.17353/2070-5379/8_2023

Журавлев А.В., Соболев Д.Б. Конодонты пограничных визейско-серпуховских отложений южной части гряды Чернышева (р. Изъяю) // Сыктывкарский палеонтологический сборник. - 2000. - №4. - С. 84-89.

Иванова Р.М. Известковые водоросли карбона Урала. - Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. - 244.

Отмас Н.М., Журавлев А.В. Литолого-фациальные особенности нижнесерпуховских отложений (нижний карбон) юга поднятия Чернышёва и Косью-Роговской впадины // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2016. - Т.11. - №3. - http://www.ngtp.ru/rub/2/27_2016.pdf DOI: 10.17353/2070-5379/27_2016

Тимонин Н.И. Тектоника гряды Чернышева (Северное Приуралье). - Л.: Наука, 1975. - 130 с.

Boucot A.J., Chen X., Scotese C.R. Phanerozoic Paleoclimate: An Atlas of Lithologic Indicators of Climate // SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology. - 2013. - № 11. - 478 p.

Elliott G.F. Dasycladalean Algae of the Palaeozoic and Mesozoic // Calcareous Algae and Stromatolites. R. Riding (Ed.). - Berlin: Springer-Verlag, 1991. - P. 125-130.

Fielding C.R., Frank T.D., Isbell J.L. The late Paleozoic ice age - A review of current understanding and synthesis of global climate patterns // Resolving the Late Paleozoic Ice Age in Time and Space: Geological Society of America Special. - 2008. - Vol. 441. - P. 343-354. DOI: 10.1130/2008.2441(24)

Goddéris Y., Donnadieu Y., Carretier S., Aretz M., Dera G., Macouin M., Regard V. Onset and ending of the late Palaeozoic ice age triggered by tectonically paced rock weathering // Nature Geoscience. - 2017. - Vol. 10. - P. 382-386. DOI: 10.1038/ngeo2931

Irwin M.L. General theory of epeiric clear water sedimentation // Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol. - 1965. - №49. - P. 445-459.

Kossovaya O.L., Vevel Y.A., Zhuravlev A.V. Fauna and sedimentation near the Viséan // Serpukhovian boundary in the Izyayu Section, Tchernyshev Swell, Polar Urals. Newsletter on Carboniferous Stratigraphy. - 2001. - №19. - P. 29-31.

Richards B.C. Current status of the International Carboniferous Time Scale. New Mexico Museum of Natural History and Science. - 2013. - Bull. 60. - P. 348-353.

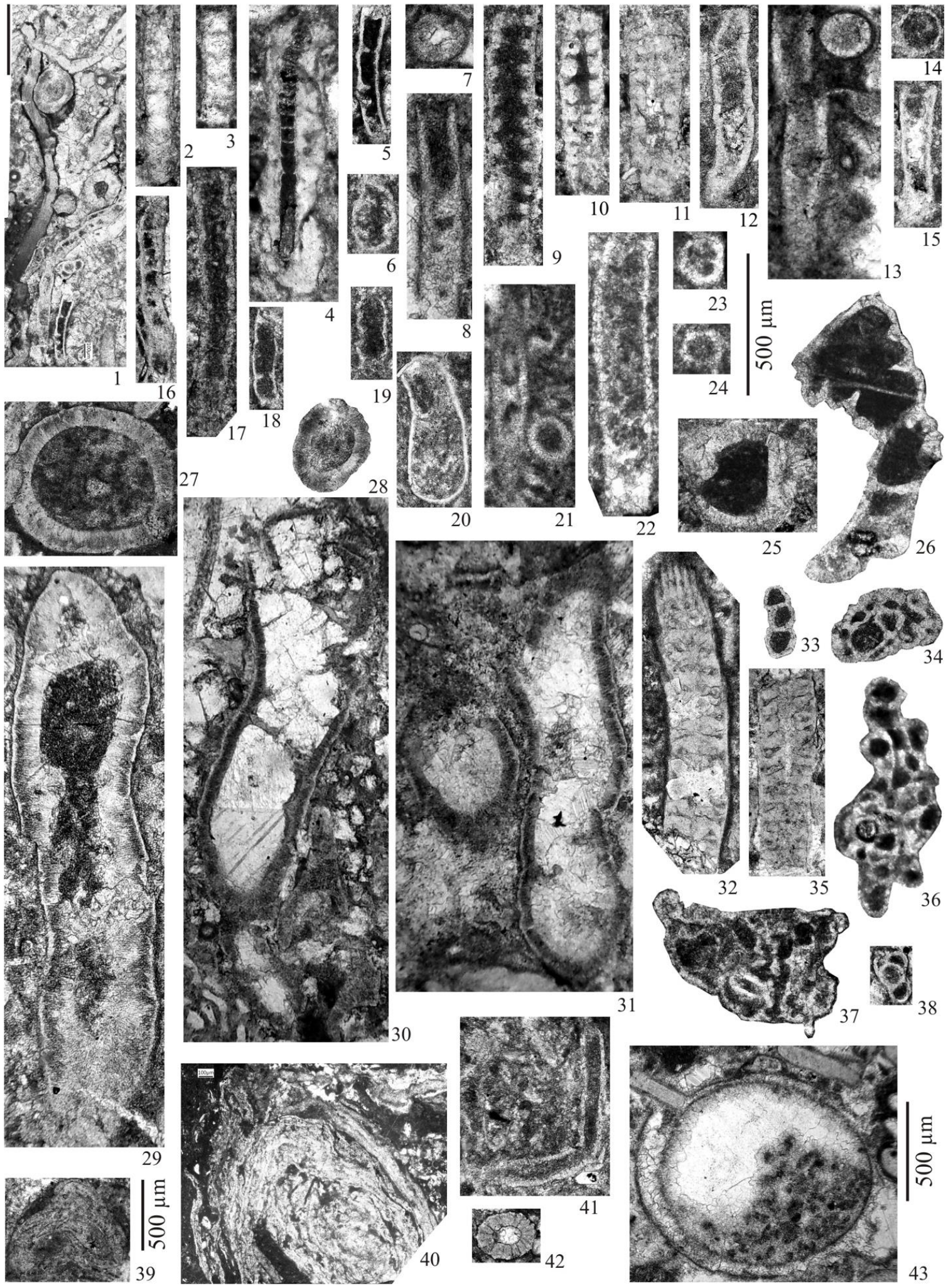
Sevastopulo G.D., Barham M. Correlation of the base of the Serpukhovian Stage (Mississippian) in NW Europe. - Geological Magazine. - 2014. - № 152. - P. 244-253.

Vevel Y.A., Zhuravlev A.V., Kossovaya O.L., Sobolev D.B. Lochriea cruciformis Zone (Lower Carboniferous) and its correlation with foraminifer and coral subdivisions (North of Urals, Izyayu section). Abstracts. Geological Society of Australia. - 2000. - 61. - P. 61.

Zhuravlev A.V., Vevel Y.A., Gruzdev D.A., Erofeevsky A.V. Late Mississippian (early Serpukhovian) carbon isotope record of northern Laurussia: A proposal for the Viséan / Serpukhovian boundary // Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. - 2023. - Vol. 40. - № 1. - P. 35-43. DOI: 10.22201/cgeo.20072902e.2023.1.1722

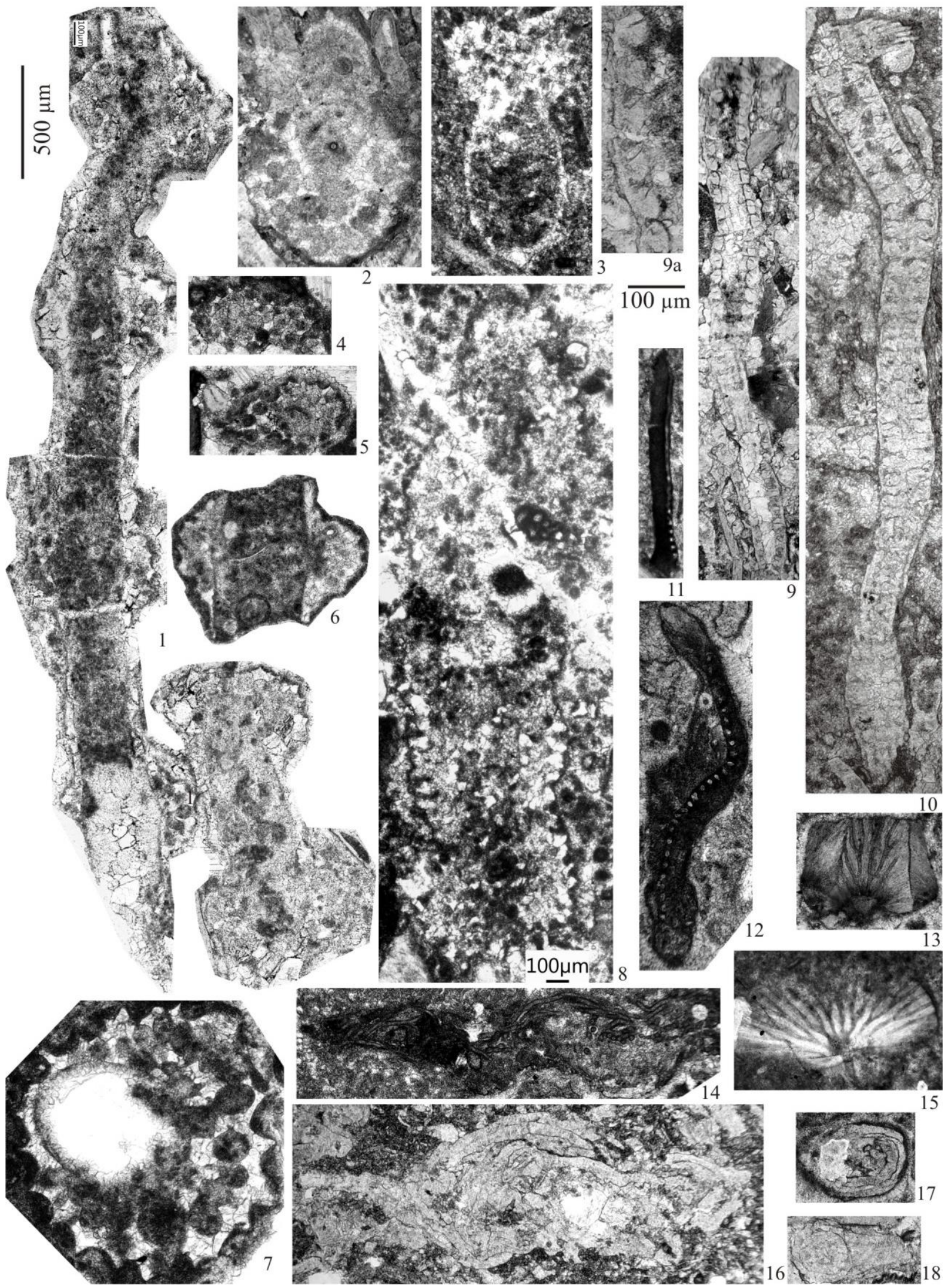
Фототаблица I

Масштабная линейка 500 µm (увеличение x50), для фиг. 1, 39 и 40 также в меньшем масштабе. Сокращения: C1v2 vn - веневкий горизонт верхневизейского подъяруса, C1 s1 - нижнесерпуховский подъярус. Коллекция 688 музея ФИЦ ИГ Коми НЦ (г. Сыктывкар).
1. участок шлифа Iz4-48 s2 с водорослями. **2-3.** *Kamaena delicata* Antropov, 1967, C1s1: 2 - экз. 688/Iz41/12-№1, 3 - экз. 688/Iz41/11-№1. **4.** *Kamaenella denbighi* Mamet et Roux, 1974, C1s1, экз. 688/Iz41/11-№2. **5.** *Kamaenella* cf. *denbighi* Mamet et Roux, 1974, C1vn, экз. 688/Iz4-48 s2-№1. **6.** *Subkamaena* ex gr. *sibirica* R. Ivanova, 1988, C1s1, экз. 688/Iz41/15-№1. **7-8.** *Palaeoberesella* sp., C1s1: 7 - экз. 688/Iz4-54_s2-№1, поперечное сечение, 8 - экз. 688/Iz4-54_s2-№2, продольное сечение. **9-10.** *Exvotarisella index* (Ehrenberg, 1854 emend von Moeller, 1879), C1s1: 9 - экз. 688/Iz4-51_s6'-№1, 10 - экз. 688/шл. Iz41/15-№2. **11.** *Exvotarisella maponi* Elliot, 1970, C1s1, экз. 688/Iz41/12-№2. **12-13.** *Pseudokamaena dentifera* R. Ivanova, 1990, C1s1: 12 - экз. 688/Iz4-46_s1'-№1, 13 - экз. 688/Iz4-46_s-№1 и №2, продольное и поперечное сечения. **14, 15.** *Pseudokamaena armstrongi* Mamet, 1972, C1s1: 15 - экз. 688/Iz41/15-№3, поперечное сечение, 16 - экз. 688/Iz41/15-№4, продольное сечение. **16.** *Parakamaena exilis* R. Ivanova, 1988, C1vn, экз. 688/Iz4-48_s2-№2. **17.** *Crassikamaena foraminosa* Brenckle, 1985, C1s1, экз. 688/ Iz41/14-№1. **18.** *Proninella minuscularia* R. Ivanova, 1990, C1s1, экз. 688/Iz41/15-№5. **19.** *Proninella gracilis* Vachard, 1978, C1s1, экз. 688/ Iz41/8-№1. **20.** *Proninella* ex gr. *gracilis* Vachard, 1978, C1s1, экз. 688/Iz4-57 s4'-№1. **21.** *Nanopora fragilissima* (Maslov, 1939), C1s1, экз. 688/Iz4-55 s1-№1 и-№2, продольное и поперечное сечения. **22-24.** *Nanopora* ex gr. *fragilissima* (Maslov, 1939), C1vn: 22 - экз. 688/Iz4-51_ s3'-№1, продольное сечение, 23-24 - экз. 688/Iz4-51_ s3'-№2 и -№3, поперечное сечения. **25-26.** *Pseudonanopora stockmansi* Mamet et Roux, 1975, C1s1: 25 - экз. 688/Iz41/15-№5, поперечное сечение, 26 - экз. 688/Iz41/15-№6, продольное сечение. **27-29.** *Zidella maxima* Saltovskaya, 1984, C1s1: 27 - экз. 688/Iz41/7-№1, поперечное сечение, C1vn: 28 - экз. 688/Iz4-48 s1-№1, продольное сечение, 29 - экз. 688/Iz4-48_s2-№3, поперечное сечение. **30-31.** *Zidella* ex gr. *minor* R. Ivanova, 1988, C1s1: 30 - экз. 688/Iz4-58_s4'-№1, продольное сечение; 31 - экз. 688/Iz4-58_s5'-№1, -№2', продольное и поперечное сечения. **32, 35.** *Dvinella distorta* Kulik, 1964, Cs1: 32 - экз. 688/ Iz41/2-№1; C1vn: 35 - экз. 688/Iz4-48_s4-№1. **33.** *Asphaltinella* sp., C1vn, экз. 688/Iz4-47_s3'-№1. **34-38.** *Asphaltinella horowitzi* Mamet et Roux, 1978: C1vn: 34 - экз. 688/Iz4-51_ s5'-№1, 38 - экз. 688/Iz4-48_s2-№4; C1s1: 36 - экз. 688/Iz41/11-№3; 37 - экз. 688/Iz41/15-№6. **39.** *Claracrusta* sp., C1s1, экз. 688/Iz4-54_s1'-№1. **40.** *Claracrusta catenoides* (Homann, 1972), C1s1, экз. 688/Iz4-57_s1-№1. **41.** *Issinella sainsii* Mamet et Roux, 1975, C1vn, экз. 688/Iz4-51_s4'-№1. **42.** *Sphaerinvia*? sp., C1vn, экз. 688/Iz4-48_s2-№5. **43.** *Sycidium* sp. (aff. *melo* F.Sandberger, 1849), C1s1, экз. 688/ Iz41/3-№1.



Фототаблица II

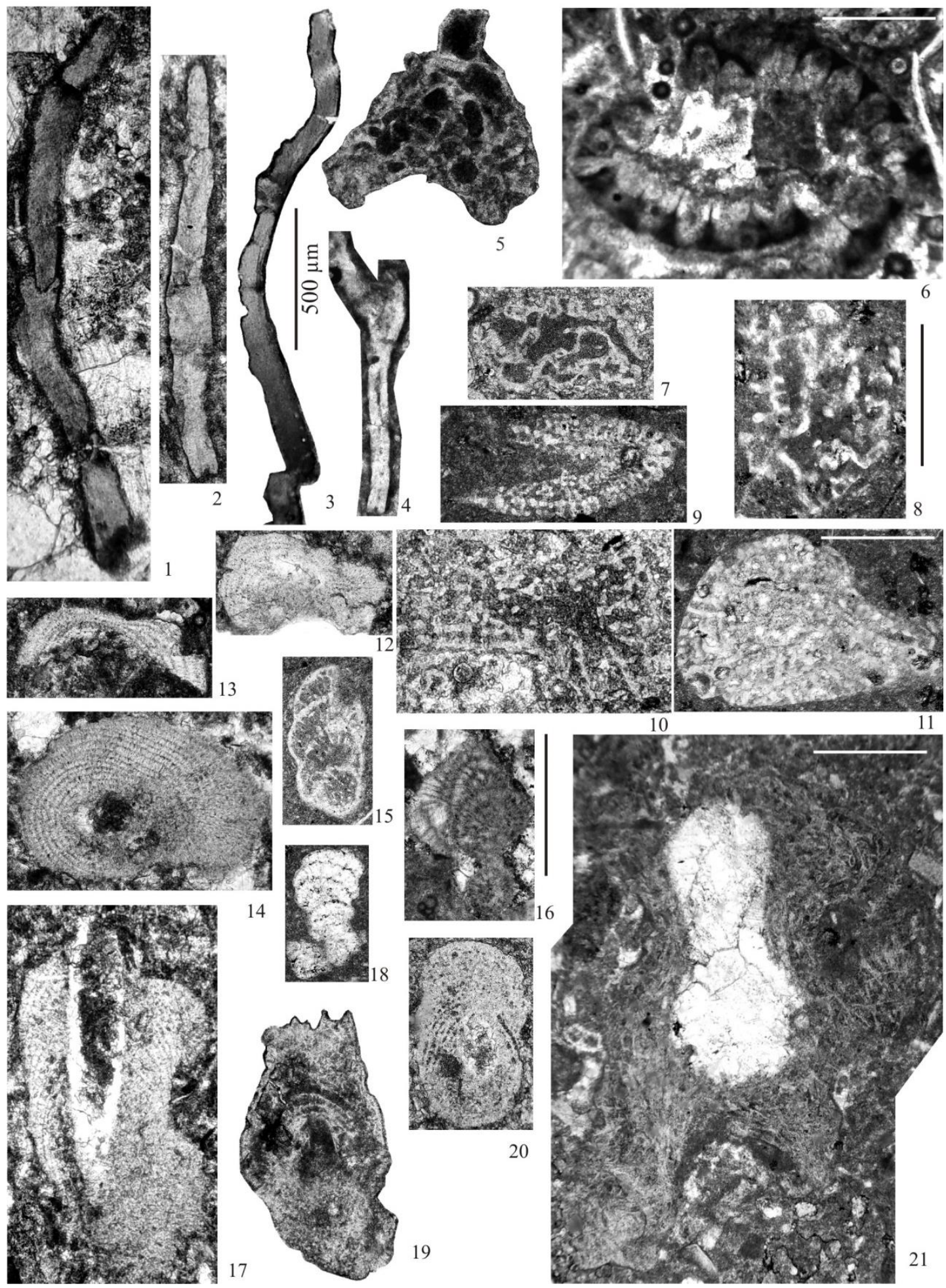
Масштабная линейка 500 μm (для фиг. **9а** - 100 μm).
1, 6. *Kulikia sphaerica* Golubtsov, 1961, C1s1: 1 - экз. 688/Iz41/3-№2; 6 - экз. 688/Iz4-54_s5'-№1. **2.***Kulikia* cf. *sphaerica* Golubtsov, 1961, C1s1, экз. 688/Iz4-58_s4'-№2. **3.** *Kulikia kunarensis* R. Ivanova, 1999, C1vn, экз. 688/Iz 4-51_s1-№1. **4-5.** *Kulikia* ex gr. *kunarensis* R. Ivanova, 1999, C1s1: 4 - экз. 688/ Iz41/3-№2, 5 - 688/ Iz41/3-№3. **7.** *Kulikia rosovskaiae* (Mamet et Roux, 1975), C1s1, экз. 688/ Iz41/3-№4. **8.** *Eovelebitella occitanica* Vachard, 1974, C1s1, экз. 688/ Iz41/3-№5. **9.** *Dvinella* ex gr. *distorta* Kulik, 1964, C1vn: 9 - экз. 688/Iz4-48_s2-№5, 9a - V-образное строение пор. **10.** *Dvinella distorta* Kulik, 1964, C1vn, экз. 688/Iz4-48_s6'-№1. **11-13, 15.** *Calcifolium okense* Schvetzov et Birina, 1935, C1s1: 11 - экз. 688/Iz41/12-№3, 15 - экз. 688/Iz4-55_s3-№1, 12 - экз. 688/Iz4-46_s2'-№1; C1vn: 13 - экз. 688/Iz4-48_s5-№1. **14.** *Girvanella kasakiensis* Maslov, 1949, C1vn, экз. 688/Iz4-48_s4'-№1. **16.** *Fasciella ivanovae* Saltovskaya, 1984, C1vn, экз. 688/Iz4-47_s3'-№2. **17, 18.** *Fasciella kizilia* R. Ivanova, 1973, C1s1: 16 - экз. 688/Iz4-46_s2'-№2; C1vn: 17 - экз. 688/Iz4-48_s4-№2.



Фототаблица III

Масштабная линейка 500 μm.

1-2. *Kulikaella partita* R. Ivanova, 1990, C1s1: 1 - экз. 688/Iz4-46_s-№3; C1vn: 2 - экз. 688/Iz4-48_s9'-№1. **3-4.** *Frustulata*? *asiatica* Saltovskaya, 1984, C1vn, экз. 688/Iz4-48_s2-№6, 4 - экз. 688/Izb4-14_s2-№1. **5.** *Precorninella*? sp., C1vn, экз. 688/Iz 4-51_s1-№2. **6.** *Koninckopora inflata* (Koninck, 1842), C1vn, экз. Iz*b*-4-14_s1_№1. **7.** *Peristacheia* sp., C1vn, экз. 688/Iz4-51_s4'-№3. **8.** *Peristacheia johnesi* Mamet et Roux, 1983, экз. 688/Iz4-52_s1'-№2. **9-10.** *Stacheoides* ex gr. *meandriformis* Mamet et Rudloff, 1972, C1s1: 9 - экз. 688/Iz4-52_s1'-№1; C1vn: 10 - экз. 688/Iz4-51_s4'-№2. **11.** *Epistacheoides* sp., C1s1, экз. 688/Iz4-52_s3'-№1. **12-13.** *Eflügelia johnsoni* (Flügel, 1966), C1s1: 12 - экз. 688/Iz41/15-№7, 13 - экз. 688/Iz4-57_s5'-№1. **14, 17.** *Fourstonella irregularis* Mamet et Roux, 1977, C1s1: 14 - экз. 688/Iz4-51_ s3'-№4; C1vn: 17 - экз. 688/Iz 4-51_s1-№3. **15.** *Stacheia marginulinoides* Brady, 1876, C1s1, экз. 688/Iz4-53_s3'-№1. **16.** *Stacheia* cf. *marginulinoides* Brady, 1876, C1s1, экз. 688/Iz4-58_s1'-№1. **18-19.** *Cuneiphycus texana* Johnson, 1960, C1s1: 18 - экз. 688/Iz4-52_s1'-№3; 19 - экз. 688/Iz41/15-№8. **20.** *Mametella skimoensis* Mamet et Rudloff, 1972, C1vn, экз. 688/Iz4-51_s4'-№4. **21.** *Stacheoides* cf. *polytrematoides* Brady, 1876, C1s1, экз. 688/Iz4-55_s1-№3.



Vevel Ya.A.
Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia, yadviga_vevel@mail.ru
Ivanova R.M.
Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia, geoivanur@mail.ru
Gruzdev D.A., Zhuravlev A.V.
Institute of Geology of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia, dagruzdev@geo.komisc.ru, micropalaeontology@gmail.com

CALCAREOUS ALGAE OF THE VISEAN-SERPUKHOVIAN BOUNDARY BEDS IN THE IZYAYU RIVER SECTION (SOUTH OF THE CHERNYSHEV UPLIFT)

We consider changes in the composition of the algaflora in the Visean-Serpukhovian boundary interval in the Izyayu River section. A transgressive trend in changing sedimentation conditions - from extremely shallow water at the end of the Visean to moderately deep water at the end of the Early and early Late Serpukhovian - is observed for the section as a whole. This change in sedimentation conditions led to a consistent reduction in the abundance and diversity of calcareous algae. In general, the composition of the Late Visean-Early Serpukhovian algaflora in the Izyayu River section corresponds to warm shallow-water conditions.

***Keywords**: calcareous algae, changing sedimentation conditions, Lower Carboniferous, Chernyshev Uplift.*

References

Bogush O.I., Ivanova R.M., Luchinina V.A. *Izvestkovye vodorosli verkhnego famena i nizhnego karbona Urala i Sibiri* [Calcareous algae of the Upper Famennian and Lower Carboniferous of the Urals and Siberia]. Novosibirsk: Nauka: Sib. otd., 1990, 160 p.

Boucot A.J., Chen X., Scotese C.R. Phanerozoic Paleoclimate: An Atlas of Lithologic Indicators of Climate. SEPM Concepts in Sedimentology and Paleontology, 2013, no. 11, 478 p.

Eliseev A.I. *Formatsii zon ogranicheniya severo-vostoka Evropeyskoy platformy (pozdniy devon i karbon)* [Formations of the North-Eastern European Platform limitation zones (Late Devonian and Carboniferous)]. Leningrad: Nauka, 1978, 192 p.

Eliseev A.I. *Stratigrafiya i litologiya kamennougol'nykh otlozheniy gryady Chernysheva* [Stratigraphy and lithology of the Carboniferous strata of the Chernyshev Ridge]. Moscow-Leningrad: Nauka, 1963, 168 p.

Elliott G.F. Dasycladalean Algae of the Palaeozoic and Mesozoic. Calcareous Algae and Stromatolites. R. Riding (Ed.). Berlin: Springer-Verlag, 1991, pp. 125-130.

Fielding C.R., Frank T.D., Isbell J.L. The late Paleozoic ice age - A review of current understanding and synthesis of global climate patterns. Resolving the Late Paleozoic Ice Age in Time and Space: Geological Society of America Special, 2008, vol. 441, pp. 343-354. DOI: 10.1130/2008.2441(24)

Goddéris Y., Donnadieu Y., Carretier S., Aretz M., Dera G., Macouin M., Regard V. Onset and ending of the late Palaeozoic ice age triggered by tectonically paced rock weathering. Nature Geoscience, 2017, vol. 10, pp. 382-386. DOI: 10.1038/ngeo2931

Gruzdev D.A. *Pozdnedevonsko-rannekamennougol'naya izolirovannaya karbonatnaya platforma na Pripolyarnom Urale (r. Bol. Nadota)* [Late Devonian-Early Carboniferous isolated platform in the Circumpolar Urals (Bolshaya Nadota River)]. Vestnik Instituta geologii, 2017, no. 4, pp. 16-23.

Irwin M.L. General theory of epeiric clear water sedimentation. Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1965, no. 49, pp. 445-459.

Ivanova R.M. *Izvestkovye vodorosli karbona Urala* [Calcareous algae of the Carboniferous Urals]. Ekaterinburg: RIO UrO RAN, 2013, 244 p.

Kossovaya O.L., Vevel Y.A., Zhuravlev A.V. Fauna and sedimentation near the Visean/Serpukhovian boundary (Izyayu River section, Tchernyshev Swell, Subpolar Urals). Newsletter on Carboniferous Stratigraphy, 2001, no. 19, p. 29-31.

Otmas N.M., Zhuravlev A.V. *Litologo-fatsial'nye osobennosti nizhneserpukhovskikh otlozheniy (nizhniy karbon) yuga podnyatiya Chernysheva i Kos'yu-Rogovskoy vpadiny* [Lithofacial features of the Lower Serpukhovian strata (Lower Carboniferous) from the south of Chernyshev Uplift and Kosyu-Rogov depression]. Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika, 2016, vol. 11, no. 3, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2/27_2016.pdf DOI: 10.17353/2070-5379/27_2016

Richards B.C. Current status of the International Carboniferous Time Scale. New Mexico Museum of Natural History and Science, 2013, bull. 60, pp. 348-353.

Sevastopulo G.D., Barham M. Correlation of the base of the Serpukhovian Stage (Mississippian) in NW Europe. Geological Magazine, 2014, no. 152, pp. 244-253.

Timonin N.I. *Tektonika gryady Chernysheva (Severnoe Priural'e)* [Tectonics of the Chernyshev Ridge (Northern Pre Urals)]. Leningrad: Nauka, 1975, 130 p.

Vevel Y.A., Zhuravlev A.V., Kossovaya O.L., Sobolev D.B. Lochriea cruciformis Zone (Lower Carboniferous) and its correlation with foraminifer and coral subdivisions (North of Urals, Izyayu section). Abstracts. Geological Society of Australia, 2000, 61, p. 61.

Vevel' Ya.A. *Foraminifery pogranichnykh vizeysko-serpukhovskikh otlozheniy v razreze na r. Iz"yayu (gryada Chernysheva)* [Foraminifers of the Visean-Serpukhovian boundary level in the Izyayu River section (Chernyshev Ridge)]. Geologiya i mineral'nye resursy Evropeyskogo severo-vostoka Rossii: materialy XIV geol. s"ezda Respubliki Komi. Syktyvkar, 2004, vol. III, pp. 308-310.

Vevel' Ya.A., Zhuravlev A.V., Gruzdev D.A. *Nizhniy serpukhov (nizhniy karbon) v basseyne r. Kozhim (Pripolyarnyy Ural)* [Lower Serpukhovian (Lower Carboniferous) of the Kozhim River basin (Subpolar Urals)]. Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika, 2018, vol. 13, no. 4, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2018/35_2018.html DOI: 10.17353/2070-5379/35_2018

Zhuravlev A.V. *Konodonty verkhnego devona - nizhnego karbona severo-vostoka Evropeyskoy Rossii Rossii* [Conodonts of the Upper Devonian-Lower Carboniferous of the north east of European Russia]. St. Petersburg, VSEGEI, 2003, 85 p.

Zhuravlev A.V. *Mestnaya stratigraficheskaya skhema verkhnego devona - nizhnego karbona yugo-zapada Lyzhsko-Kyrtael'skogo vala (vostok Pechorskoy plity)* [Stratigraphy of the Upper Devonian - Lower Carboniferous of south-west of Lyzha-Kyrtael swell (Pechora Plate eastward)]. Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika, 2023, vol. 18, no. 1, available at: http://www.ngtp.ru/rub/2023/8_2023.html DOI: 10.17353/2070-5379/8_2023

Zhuravlev A.V., Sobolev D.B. *Konodonty pogranichnykh vizeysko-serpukhovskikh otlozheniy yuzhnoy chasti gryady Chernysheva (r. Iz"yayu)* [Conodonts of the Visean-Serpukhovian boundary level of the southern part of the Chernyshev Ridge (Iz'yayu River)]. Syktyvkarskiy paleontologicheskiy sbornik, 2000, no. 4, pp. 84-89.

Zhuravlev A.V., Vevel Y.A., Gruzdev D.A., Erofeevsky A.V. Late Mississippian (early Serpukhovian) carbon isotope record of northern Laurussia: A proposal for the Visean / Serpukhovian boundary. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 2023, vol. 40, no. 1, pp. 35-43. DOI: 10.22201/cgeo.20072902e.2023.1.1722

© Вевель Я.А., Иванова Р.М., Груздев Д.А., Журавлев А.В.В., 2023