

БИОСТРАТИГРАФИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕНДА–КЕМБРИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДА ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Е.Ю. Голубкова¹, Е.А. Кушим¹, Е.Г. Раевская², И.М. Бобровский³, Т.С. Зайцева¹,
Е.Г. Довжикова⁴, А.В. Титова¹, А.В. Колесников⁵, Д.В. Гражданкин^{6,✉}

¹ Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 2, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского,
199106, Санкт-Петербург, Средний просп., 74, Россия

³ GFZ Helmholtz Centre für Geoforschung, Telegrafenberg, 14473, Potsdam, Germany

⁴ Ухтинский государственный технический университет, 169300, Ухта, ул. Первомайская, 13, Россия

⁵ Геологический институт РАН, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, Россия

⁶ Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия

Поступила в редакцию: 25.10.2024

Принята в печать: 24.02.2025

Опубликована онлайн: 27.02.2025

DOI: [10.15372/GiG2025114](https://doi.org/10.15372/GiG2025114)

EDN: [HJENQC](https://www.edn.ru/HJENQC)

Ссылка для цитирования:

Голубкова Е.Ю., Кушим Е.А.,
Раевская Е.Г., Бобровский И.М.,
Зайцева Т.С., Довжикова Е.Г., Титова А.В.,
Колесников А.В., Гражданкин Д.В. (2025).

Биостратиграфия переходных отложений
венда–кембрия северо-запада европейской
части России // Геология и геофизика, т. 66,
№ 7, с. 883–900, DOI: [10.15372/GiG2025114](https://doi.org/10.15372/GiG2025114),
EDN: [HJENQC](https://www.edn.ru/HJENQC).

© Е.Ю. Голубкова, Е.А. Кушим,
Е.Г. Раевская, И.М. Бобровский, Т.С. Зайцева,
Е.Г. Довжикова, А.В. Титова, А.В. Колесников,
Д.В. Гражданкин, 2025

✉ E-mail: grazhdankindv@ipgg.sbras.ru

Проведено палеонтологическое изучение переходных отложений венда–кембрия Ленинградской области севера Восточно-Европейской платформы (северная часть Балтийской синеклизы). В разрезе скв. Тайцы-2 выявлена последовательная смена ассоциаций микро- и макроскопических ископаемых организмов поздневендского котлинского (ассоциации: I с *Aataenia reticularis*, II с *Vendotaenia antiqua* – *Incertae sedis* Forma 1, III с *Bicuspidata fusiformis* – *Vanavarataenia insolita*), раннекембрийского ровенско-лонтоваского (ассоциация IV с *Ceratophyton* sp. – *Teorhipolia lacerata*) и доминопольского (ассоциация V с *Archaeodiscina umbonulata* – *Globosphaeridium cerinum* – *Skiagia orbiculare*) возрастов. Граница докембрия–кембрия проведена в основании ломоносовской свиты по появлению раннекембрийских таксонов *Ceratophyton* sp., *Granomarginata squamacea*, *Teorhipolia lacerata*, *Platysolenites antiquissimus*, которые проходят в вышележащую сиверскую свиту. Отдельно ровенский и лонтоваский горизонты по палеонтологическим данным не распознаются. В люкатиской свите совместно с акантоморфными акритархами обнаружены фрагменты ископаемых остатков животного происхождения, что расширяет палеонтологическую характеристику доминопольского горизонта европейской части России. Дополнительно проведено изотопно-геохронологическое изучение глауконита из песчаников сиверской свиты нижнего кембрия. Rb-Sr датировка по глаукониту соответствует 457 ± 3 млн лет. Полученные минералогическо-кристаллохимические данные показали, что исследуемый минерал претерпел вторичные изменения и был «омоложен», что не позволяет использовать эти данные в стратиграфических построениях, но дает возможность оценить время и роль более поздних геологических процессов.

Микрофоссилии, макрофоссилии, глауконит, Rb-Sr датирование, стратиграфия, венд, эдиакарий, кембрий, Восточно-Европейская платформа

ВВЕДЕНИЕ

В связи с тем, что ряд основных стратотипических разрезов венда и нижнего кембрия располагается за пределами Российской Федерации (на территории Эстонии и Подольского Приднестровья Украины), особое значение в последние годы приобретает проблема поиска новых опорных разрезов, способных создать каркас Региональной стратиграфической схемы (РСС) Восточно-Европейской платформы (ВЕП) нового поколения для территории России, а также на качественно новом уровне реконструировать последовательность биотических событий в венд-кембрийское время. Следовательно, разрезы северо-запада европейской части России (Ленинградская

область) имеют определенные перспективы, так как вскрывают непрерывные верхневендские–нижнекембрийские терригенные последовательности, содержащие разнообразные ископаемые организмы удовлетворительной и хорошей сохранности.

В результате проводимых в последние годы исследований удалось обновить литогеохимическую [Маслов и др., 2019; Тарасенко, Подковыров, 2022; и др.] и палеонтологическую [Голубкова и др., 2018, 2020, 2021a; Golubkova et al., 2023] характеристику верхневендских отложений на северо-западе России, провести выделение редкинских и котлинских горизонтов по биостратиграфическим данным, а также наметить таксоны узкого стратиграфического интервала распространения, которые могут быть предло-

жены для включения в обновленную РСС ВЕП. Благодаря детальной проработке палеонтологического материала, в разрезах северо-запада европейской части России удается распознавать и прослеживать по площади отдельные стратиграфические уровни в объеме свит и даже подсвит, что впервые в практике расчленения и корреляции верхнего венда позволяет существенно повысить разрешающие способности биостратиграфического метода. В противоположность этому, сведения о распространении ископаемых организмов в раннекембрийское время на этой территории все еще имеют отрывочный [Янишевский, 1939; Государственная..., 1957; Розанов, 1973; Волкова и др., 1979; Вендская система, 1985а, 1985б] и в некоторых случаях противоречивый [Гаген-Торн, 2016] характер. Фрагментарность и разобщенность палеонтологических находок, а также неоднозначная позиция некоторых региональных и местных стратон (см. раздел «Геологический обзор») затрудняют привлечение биостратиграфических данных для определения положения границы докембрия–кембрия и нижнекембрийских горизонтов в регионе. Для восполнения существующих пробелов в настоящей работе проведено биостратиграфическое изучение ископаемых организмов, уточнена стратиграфия пограничного интервала венда–кембрия и предпринята попытка датирования глауконита в разрезе скв. Тайцы-2, пробуренной Петербургской комплексной геологической экспедицией в начале 2000-х годов в районе пос. Тайцы Ленинградской области (юго-восточный склон Балтийского щита).

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЗОР

На северо-западе Восточно-Европейской платформы верхневендские отложения валдайской серии несогласно залегают на красноцветных песчаниках приозерской свиты нижнего–среднего рифея и без заметного стратиграфического перерыва перекрываются ломоносовской, сиверской свитами нижнего кембрия [Объяснительная записка..., 1978; Решение..., 1986; Купцова и др., 2011; Вербицкий и др., 2012]. Выше по разрезу на западе региона с размывом залегает люкатиская свита нижнего кембрия, а на остальной территории – саблинская свита среднего кембрия. Венд-кембрийские терригенные последовательности выходят на дневную поверхность в виде узкой полосы вдоль Балтийско-Ладожского глинта и по берегам рек Большая Ижорка, Воронка, Коваши, Саблинка, Мга, Тосна. На востоко–юго-востоке эти толщи постепенно погружаются под среднекембрийские или четвертичные отложения, вскрываясь в серии скважин, глубина которых в среднем не превышает 300–350 м.

На первом этапе изучения в составе вендского комплекса северо-запада России были выделены нижневалдайская гдовская и верхневалдайская кот-

линская (ламинаритовые слои в ранних работах) свиты (слои), отвечающие в современном представлении редкинскому и котлинскому горизонтам соответственно [Соколов, 1953, 1958; Государственная..., 1957; Решения..., 1965] (рис. 1). Иной точки зрения придерживались К.А. Менс и Э.А. Пиррус [1971], которые сопоставляли гдовские слои с базальными отложениями котлинской свиты верхневалдайской подсерии (см. рис. 1). Такая корреляция, очевидно, потребовала пересмотра местной стратиграфической схемы нижневалдайских отложений, что привело к выделению новой старорусской свиты на этом уровне [Объяснительная записка..., 1978]. Позднее в старорусской свите Ленинградской области был обнаружен редкинский комплекс ископаемых остатков [Бурзин, 1997; Jensen, 2003; Голубкова и др., 2018, 2021а].

К котлинской свите первоначально была отнесена глинистая толща, содержащая сапропелеподобные органические пленки и ископаемые остатки вендотениевой флоры [Волкова и др., 1979; Вендская система, 1985а; Гниловская и др., 1988]. Стратотип котлинской свиты установлен в карьере на о. Котлин в Финском заливе [Соколов, 1958; Решения..., 1965]. К настоящему времени стратотип не сохранился. Позднее стратиграфический объем котлинского горизонта был расширен за счет включения снизу пачки переслаивания песчаников и алевролитов (предполагаемые гдовские слои) [Объяснительная записка..., 1978]. Увеличение стратиграфического объема котлинского горизонта относительно принятого ранее привело к упразднению на северо-западе России гдовской и котлинской свит и выделению новой василеостровской свиты [Постановления..., 2011; Вербицкий и др., 2012] (см. рис. 1). Свита охарактеризована котлинским комплексом ископаемых остатков [Гниловская и др., 1988; Голубкова и др., 2020; Golubkova et al., 2023].

В начале 1970-х годов в верхней части котлинского горизонта была выделена новая воронковская свита, сложенная кварцевыми песчаниками и алевролитами и согласно залегающая на василеостровской свите [Менс, Пиррус, 1971; Решение..., 1986; Вербицкий и др., 2012] (см. рис. 1). Стратотип воронковской свиты установлен на западе Ленинградской области в серии обнажений по р. Воронка. Возраст воронковской свиты, по представлениям разных исследователей, интерпретируется как верхневендский [Вербицкий и др., 2012; Гаген-Торн, 2016] или верхневендский–нижнекембрийский [Бурзин, 1998; Маслов и др., 2019]. Из воронковской свиты описаны ископаемые остатки макроскопических водорослей *Vendotaenia antiqua* Gnilovskaya, характерные для котлинского горизонта [Гаген-Торн, 2016]. Однако фотоизображения этих остатков приведены не были. По существующим представлениям, воронковская свита распространена на западе Ленинградской области, востоке Эстонии, Латвии и северо-востоке Литвы

[Решение..., 1965]					[Объяснительная записка..., 1978]					[Решение..., 1986]					[Вербицкий и др., 2012]				
Система	Отдел	Горизонт	Серия	Свита	Система	Отдел	Горизонт	Свита	Пачка/слои	Система	Отдел	Горизонт	Серия	Свита	Система	Отдел	Горизонт	Серия	Свита
Кембрий	Средний	Тискровский	Балтийская	Тискреская						Кембрий	Нижний	Доминопольский	Балтийская	Тискреская	Кембрий	Нижний	Доминопольский	Балтийская	Тискреская
				Пиритаская (люкатиская и какумягинская пачки)										Люкатиская					(какумягинская и косо- слоистая пачки)
				Лонтоваская										Сиверская					Люкатиская
				Ломоносовская										Ломоносовская					Сиверская
Венд	Верхний	Котлинский	Валдайская	Котлинская	Венд	Верхний	Котлинский	Котлинская	Аргиллиты, алевролиты	Венд	Верхний	Котлинский	Валдайская	Воронковская	Венд	Верхний	Котлинский	Валдайская	Воронковская
									Гдовские слои, песчаники					Котлинская					Василеостровская
				Гдовская															Старорусская

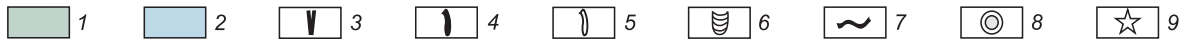


Рис. 1. Сопоставление стратиграфических схем, разработанных для переходных отложений верхнего венда–нижнего кембрия северо-запада России: 1 – верхний венд; 2 – нижний кембрий; 3 – *Vendotaenia antiqua*; 4 – *Sabellidites cambriensis*; 5 – *Platysolenites antiquissimus*; 6 – *Diplocraterion parallelum*; 7 – *Skolithos* sp.; 8, 9 – комплексы акритарх: 8 – лонтоваский, 9 – люкатиский.

[Стратиграфический словарь..., 1994]. В центральных и западных районах Ленинградской области воронковская свита не распознается, а на василеостровской свите без заметного стратиграфического перерыва залегают песчаники ломоносовской свиты нижнего кембрия (настоящие исследования). Авторы не исключают, что воронковская свита может являться фаціальным аналогом верхней части василеостровской свиты или (и) нижней части вышележащей ломоносовской свиты. Решение этого вопроса требует дополнительного изучения воронковской свиты в типовых разрезах на р. Воронка.

Кембрийская часть разреза представлена ломоносовской (надламинаритовые слои в ранних работах), сиверской (синие глины), люкатиской (нижняя часть зофитоновых слоев) и тискреской свитами [Государственная..., 1957; Менс и др., 1987; Решение..., 1986] (см. рис. 1). Ломоносовская свита, по существующим в настоящее время представлениям (преимущественно по положению в разрезе), отнесена к верхнему венду (ровенский горизонт)–нижнему кембрию (лонтоваский горизонт) [Решение..., 1986; Якобсон, 2014] или нижнему кембрию [Вербицкий и др., 2012].

Стратотип ломоносовской свиты установлен в окрестностях г. Ломоносов без точной привязки к конкретному разрезу и детального описания пород [Мянниль, 1958; Менс и др., 1987], что требует поиска нового опорного разреза, который может быть предложен в качестве лектостратотипа свиты (устанавливается в случае, если первичный стратотип не был указан авторами) [Стратиграфический кодекс..., 2019].

Выше по разрезу залегают люкатиская и тискреская свиты, которые в действующей стратиграфической схеме отнесены к доминопольскому горизонту [Решение..., 1986; Вербицкий и др., 2012] (см. рис. 1). Стратотип доминопольского горизонта в объеме одноименной доминопольской свиты установлен В.В. Кирияновым в скв. Бережцы-2944 (интервал 747–617.2 м), пробуренной на территории Украины [Решение..., 1986; Стратиграфический словарь..., 1991]. В стратотипическом разрезе доминопольская свита расчленяется на две подсвиты. Нижняя подсвита сложена преимущественно кварцевыми песчаниками, а верхняя – алевролитами. Стратотип люкатиской свиты установлен за пределами России, на ле-

вом берегу р. Пирита в Эстонии [Решение..., 1986; Менс и др., 1987], а тискреской свиты – в обнажении на берегу Финского залива у д. Тискре около г. Таллина [Решения..., 1965]. Следуя рекомендациям Стратиграфического кодекса [2019], для этих свит необходимо выделить гипостратотипы или неостратотипы.

К доминопольскому горизонту приурочено первое появление трилобитов, выделенных в зону *Schmidtellus mickwitzi* [Решение..., 1986]. Из люкатиской свиты Ленинградской области северо-запада России известны трубки *Platysolenites antiquissimus* Eichwald, маргинатные акритархи родов *Granomarginata* Naumova, *Leiomarginata* Naumova и орнаментированные акритархи, выделенные в люкатиский комплекс [Волкова, 1973; Стратиграфический словарь..., 1975; Волкова и др., 1979; Решение..., 1986]. В тискреской свите обнаружена обедненная люкатиская ассоциация акритарх и брахиоподы *Mickwitzia monilifera* (Linnarsson) [Вербицкий и др., 2012]. Более разнообразный набор таксонов установлен в разрезах Эстонии [Решения..., 1965; Менс, Пиррус, 1977; Арень и др., 1979; Решение..., 1986; Менс и др., 1987]. В люкатиской свите в ассоциации с люкатиским комплексом акантоморфных акритарх выявлены трубчатые образования *Platysolenites antiquissimus*, *Sabellidites cambriensis* Yanichevsky, *Volborthella tenuis* Schmidt, трилобиты *Schmidtellus mickwitzi* (Schmidt), брахиоподы *Mickwitzia monilifera* (Linnarsson), микрофоссилии, интерпретируемые как радула моллюсков [Slater et al., 2017, fig. 10E; Slater, 2024], и некоторые другие таксоны. В тискреской свите Эстонии обнаружены трилобиты *Schmidtellus mickwitzi*, брахиоподы *Mickwitzia concentrica* Gorjansky, *M. formosa* (Wiman), *M. monilifera*, *Paterina rara* Gorjansky, возможные брадорииды и следы жизнедеятельности ископаемых организмов ихнородов *Diplocraterion* (Torell), *Skolithos* (Haldeman).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ИСКОПАЕМЫХ ОРГАНИЗМОВ

Для микропалеонтологического анализа было отобрано 65 образцов из сероцветных и зеленоцветных аргиллитов и алевролитов. Выделение микрофоссилий из породы проводилось по щадящей методике, разработанной в Институте геологии и геохронологии докембрия (ИГГД) РАН (г. Санкт-Петербург) [Герман, 1974; Голубкова и др., 20216]. Образцы были последовательно обработаны 45 %-й плавиковой (HF) и 10 %-й соляной (HCl) кислотами. После каждого этапа осадок промывали дистиллированной водой и пропускали через сито с размером ячейки 10 мкм для удаления тонкодисперсной взвеси. Затем органические остатки отбирали вручную под бинокуляром Bresser Advance ICD на предметное стекло и консервировали в полимерном клее Eukitt. Для контроля из оставшегося осадка были изготовлены дополнитель-

ные препараты. Дальнейшее изучение и фотографирование микрофоссилий проводилось под биологическим микроскопом AxioScope.A1 (Carl Zeiss) с использованием камеры AxioCam MRc5.

Три образца, отобранные на глубинах 317,8, 134 и 98 м, оказались пустыми. В остальных образцах обнаружены разнообразные по таксономическому составу микрофоссилии бледно-желтого и желтого цвета хорошей и средней сохранности.

Дополнительно было проведено изучение макроскопических ископаемых организмов, отобранных в разрезе скв. Тайцы-2. Для обеспечения более полной палеонтологической информации в работе также приведены некоторые значимые раннекембрийские макрофоссилии, обнаруженные ранее на территории Ленинградской области.

Коллекция постоянных препаратов по скв. Тайцы-2 и макроскопических ископаемых организмов хранится в лаборатории литологии и биостратиграфии ИГГД РАН (коллекция № Р-2008-Т-2).

ИСКОПАЕМЫЕ ОРГАНИЗМЫ В РАЗРЕЗЕ СКВАЖИНЫ ТАЙЦЫ-2

Ранее в разрезе скв. Тайцы-2 были выделены верхневендская василеостровская (интервал 325–173 м) и нижнекембрийская сиверская (интервал 174–38 м) свиты, каждая из которых, в свою очередь, была разделена на три пачки [Тарасенко, Подковыров, 2022]. Обоснование возраста пород и установление границы докембрия–кембрия были проведены А.Б. Тарасенко и В.Н. Подковыровым [2022] на основе литологических и фациально-генетических интерпретаций.

Проведенные нами биостратиграфические и литологические исследования позволили уточнить расчленение переходных толщ венда–кембрия в регионе. В разрезе скв. Тайцы-2 были выделены верхневендские отложения василеостровской свиты и нижнекембрийские терригенные последовательности ломоносовской, сиверской и люкатиской свит (рис. 2).

Василеостровская свита. Стратотип свиты установлен в разрезе скв. Геолком (интервал 164–70 м), пробуренной в 1920-е годы на Васильевском острове в г. Санкт-Петербург [Постановления..., 2011; Вербицкий и др., 2012]. Вышележащие отложения и, возможно, верхняя часть василеостровской свиты котлинского горизонта в стратотипе отсутствуют.

Василеостровская свита в разрезе скв. Тайцы-2 расчленяется на нижнюю и верхнюю подсвиты (см. рис. 2). Нижняя подсвита (видимая мощность 15,3 м) представлена сероцветными мелкотонкозернистыми песчаниками и серо-зелеными плотными алевролитами с единичными прослоями тонкослоистых аргиллитов. Песчаники и алевролиты – массивные, олигомиктовые, полевошпат-кварцевые, с примесью чешуек слюды, глинистым матриксом и местами кальцитовым пойкилитовым цементом. Обломочный

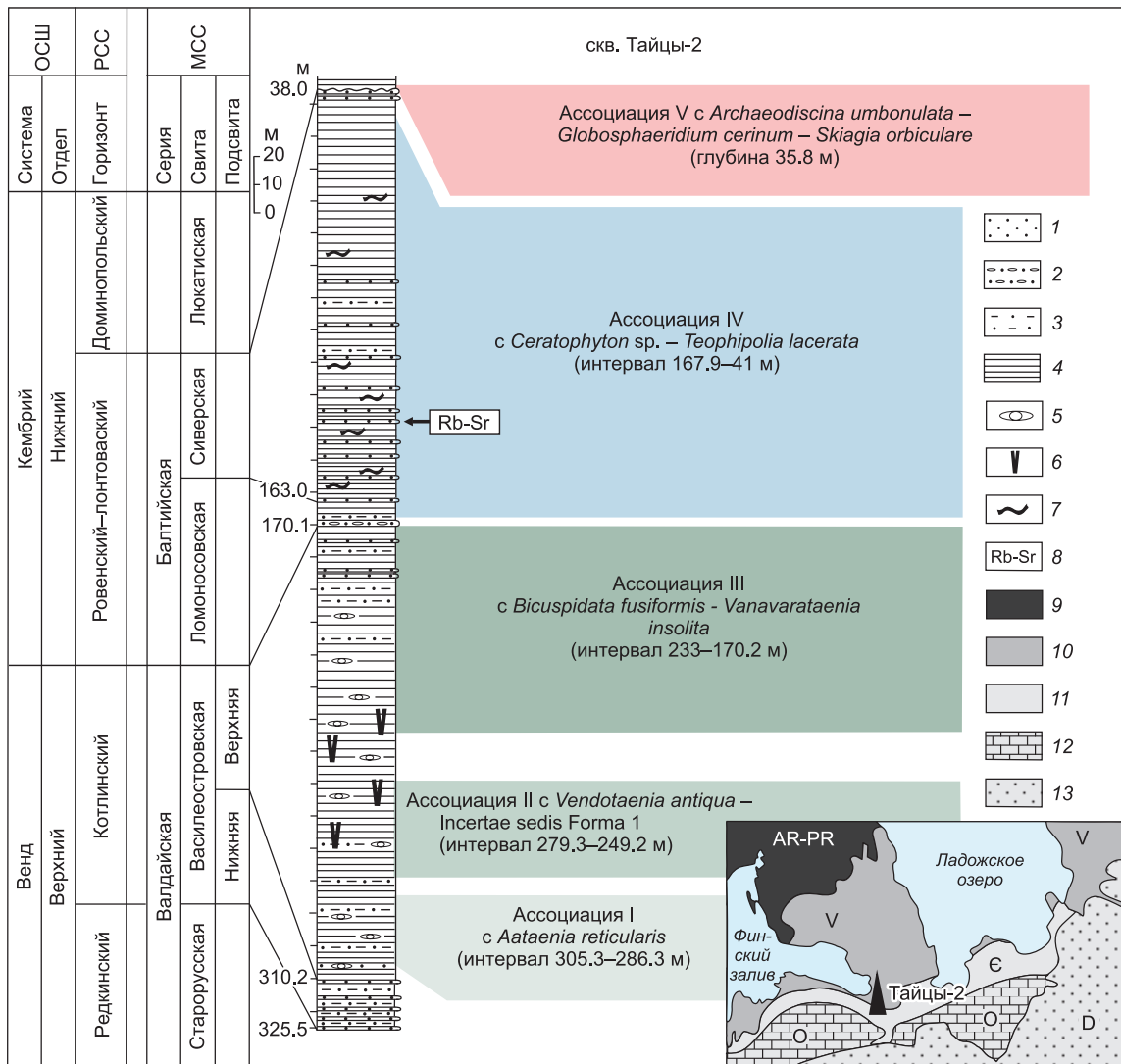


Рис. 2. Регион изучения и положение ассоциаций ископаемых организмов в разрезе скв. Тайцы-2: 1 – песчаники; 2 – алевриты; 3 – гравелитистый песчаник; 4 – аргиллиты; 5 – сидерит; 6 – водоросли *Vendotaenia antiqua*; 7 – ихнофоссилии; 8 – местоположение образца, отобранного на минералого-геохронологические исследования; 9 – архейско-протерозойский кристаллический фундамент Восточно-Европейской платформы; 10 – отложения вендского возраста; 11 – отложения кембрийского возраста; 12 – отложения ордовикского возраста; 13 – отложения девонского возраста. Здесь и на рис. 3: ОСШ – Общая стратиграфическая шкала, МСС – местная стратиграфическая схема.

материал в песчаниках средне сортирован, плохо окатан, представлен зернами кварца, реже микроклина и альбита.

Верхняя подсвита (мощность 140.1 м) сложена тонким горизонтально- и линзовидно-слоистым переслаиванием зеленовато-серых аргиллитов и алевритов с тонкими (в среднем 1–5 см) прослоями и линзами коричневатых-серых песчаников и алевритов, сцементированных сидеритовым цементом. В нижней и верхней части подсвиты появляются прослои серых плотных олигомиктовых полевошпат-кварцевых, тонкомелкозернистых до среднезернистых песчаников мощностью от 15 до 50 см. На глубине 175.6 м зафиксирован прослой светло-серого, слюдистого песчаника с глинистыми интракластами

(мощность 15 см). В верхней подсвите широко распространены органические пленки и макроскопические водоросли *Vendotaenia antiqua*, характерные для котлинского горизонта БЕП.

Анализ вертикального распределения микро- и макрофоссилий в разрезе скв. Тайцы-2 позволил выделить пять ассоциаций (см. рис. 2, 3). Название ассоциаций дано по наиболее характерному или стратиграфически значимому таксону (таксонам).

Ассоциация I с *Aataenia reticularis* выявлена в нижней подсвите василеостровской свиты в интервале 305.3–286.3 м. Объединяет морфологически просто устроенные акритархи *Leiosphaeridia crassa* (Naumova), emend. Jankauskas, *L. jacutica* (Timofeev) emend. Mikhailova et Jankauskas, *L. minutissima*

(Naumova), emend. Jankauskas, *L. tenuissima* Eisenack и нитчатые микрофоссилии *Siphonophycus* sp. Schopf, emend. Knoll et Swett. В верхней части интервала появляются двухслойные оболочки *Pterospermopsimorpha insolita* Timofeev, emend. Mikhailova, остатки цианобактерий *Aataenia reticularis* Gnailovskaya,

emend. Golubkova, Kushim, Tarasenko, трубчатые образования, близкие к роду *Kanilovia* Istchenko, неопределимые колониальные формы и разнообразные по форме оболочки, находящиеся в стадии деления.

Выше по разрезу, в нижней части верхней подсвиты василеостровской свиты (интервал 279.3–249.2 м),

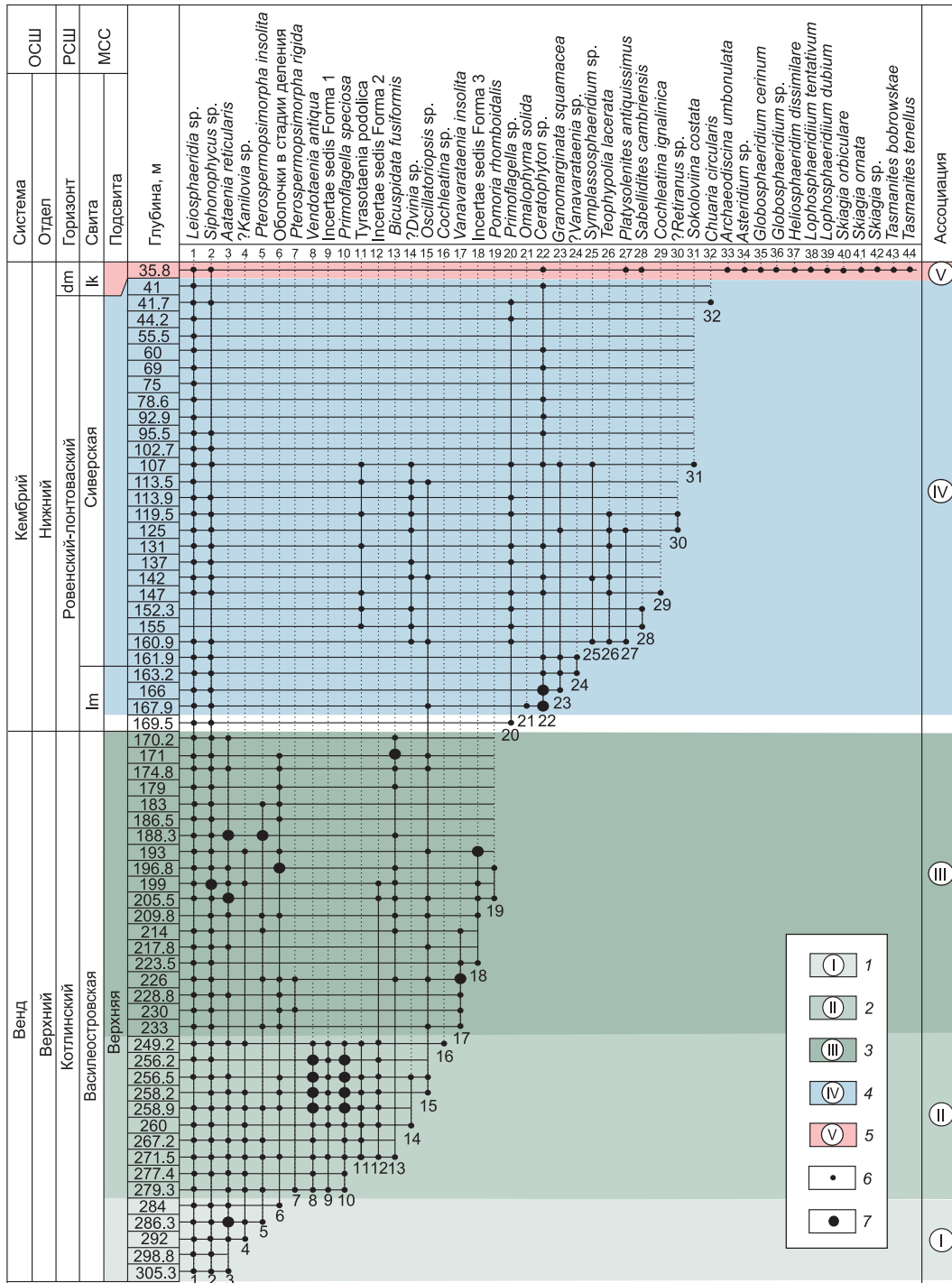


Рис. 3. Вертикальное распространение микро- и макрофоссилий в разрезе скв. Тайцы-2: 1–5 – ассоциации: 1 – I с *Aataenia reticularis*, 2 – II с *Vendotaenia antiqua* – *Incertae sedis* Forma 1, 3 – III с *Bicuspidata fusiformis* – *Vanavarataenia insolita*, 4 – IV с *Ceratophyton* sp. – *Teophipolia lacerata*, 5 – V с *Archaeodiscina umbonulata* – *Globosphaeridium cerinum* – *Skiagia orbiculare*; 6 – ископаемые организмы регулярно встречаются, 7 – массовое распространение ископаемых организмов. dm – доминопольский горизонт, Im – ломоносовская свита, Ik – люкатиская свита.

установлена ассоциация II с *Vendotaenia antiqua* – **Incertae sedis Forma 1**. В ее составе распространены вендотениевые водоросли *Vendotaenia antiqua*, *Tyrasotaenia podolica* Gnilovskaya, акритархи *Leiosphaeridia minutissima*, *L. tenuissima*, *Pterospermopsimorpha insolita*, *P. rigida* Golubkova, Kushim et Tarasenko, актиномицеты *Primoflagella speciosa* Gnilovskaya (рис. 4, б), остатки цианобактерий *Aataenia reticularis* (рис. 5, κ), *Oscillatorioopsis* sp. Schopf, emend. Knoll et Golubic, emend. Knoll, Swett et Mark, emend. Butterfield, *Siphonophycus* sp. и оболочки, находящиеся в стадии деления. В нижней части василеостровской свиты (глубина 271.5 м) обнаружен один экземпляр ископаемых цианобактерий *Bicuspadata fusiformis* Assejeva, emend. Golubkova, Kushim et Tarasenko, что в целом не характерно для этого таксона, массовое распространение которого приурочено к терминальным частям котлинского горизонта [Голубкова и др., 2020, 2022]. В интервале 260–256.5 м выявлены гладкие толстостенные трубчатые образования, близкие к представителям рода *Dvinia* Gnilovskaya, а на глубине 249.2 м обнаружен фрагмент организма (см. рис. 4, в¹ – предполагаемые границы «тела»), несущего три спирально свернутых образования *Cochleatina* sp. Assejeva emend. Burzin (см. рис. 4, в²). Этот экземпляр сохранился на органической пленке.

На этом стратиграфическом уровне также распространены крупные (до 0.5 см в длину) уплощенные трубки, близкие к представителям рода *Kanilovia*, некоторые из которых имеют двойные стенки или осложнены дополнительными структурными элементами. Так, на глубине 271.5 м обнаружена плотная трубка, предположительно несущая на одном из окончаний два сфероморфных образования (см. рис. 4, е¹). В ископаемом материале микрофоссилии *Kanilovia* sp. сохраняются преимущественно на органических пленках. Кроме того, в составе второй ассоциации обнаружены новые ископаемые – лентовидные остатки с зубчатым краем *Incertae sedis Forma 1* (см. рис. 4, д) и булавоподобные образования *Incertae sedis Forma 2* (см. рис. 4, з), близкие по морфологии к формам, обнаруженным в котлинском горизонте в разрезе скв. Северо-Полоцкая севера Беларуси ([Голубкова и др., 2022, табл. II, фиг. 6, 7]; неопубликованные данные). Предположительно, к новым формам также могут быть отнесены одиночные или сдвоенные крупные сфероморфные образования (см. рис. 4, а), сохранившиеся на органических пленках в прижизненном положении.

Следующая ассоциация III с *Bicuspadata fusiformis* – *Vanavarataenia insolita* распространена в верхней части верхней подсвиты василеостровской свиты в интервале 233–170.2 м. Из состава ископаемой биоты исчезают вендотениевые водоросли, актиномицеты *Primoflagella speciosa* и некоторые другие таксоны. На этом уровне широко распространены цианобактерии *Aataenia reticularis*, *Bicuspadata fusiformis*

(см. рис. 5, л), *Oscillatorioopsis* sp., *Siphonophycus* sp., а также разнообразные сфероморфные, овальные (см. рис. 5, в), гантелевидные и сложные по морфологии оболочки (см. рис. 5, ж, з), в том числе находящиеся в стадии деления (см. рис. 5, и). Характерными представителями третьей ассоциации являются грибоподобные организмы *Vanavarataenia insolita* Pjatiletov (см. рис. 5, д, е), разнообразные по форме колонии сфероморфных оболочек (см. рис. 5, б), а также сложнопостроенные фрагменты со сферическими образованиями *Incertae sedis Forma 3* (см. рис. 5, м), сохраняющиеся на органических пленках. Представители *Incertae sedis Forma 3* обнаружены также в россонской свите котлинского горизонта севера Беларуси [Голубкова и др., 2022, табл. II, фиг. 8]. В составе биоты спорадически встречаются акритархи *Leiosphaeridia crassa*, *L. jacutica*, *L. minutissima*, *L. tenuissima*, *Pterospermopsimorpha insolita*, *P. rigida* (см. рис. 5, а) и нитчатые микрофоссилии с ромбической штриховкой *Pomoria rhomboidalis* (Siverzeva) (см. рис. 5, з).

Особый интерес представляет фрагмент лентовидного тела, зафиксированного на органической пленке (см. рис. 5, н). Сохранившийся закругленный конец тела (см. рис. 5, н¹) демонстрирует сферическое расширение, в центральной части которого наблюдается оптически менее плотный участок (см. рис. 5, н²). В пределах остальной части тела (см. рис. 5, н³) различаются оптически плотные, невыдержанные по размеру, овальные тела (см. рис. 5, н⁵), расположенные по периферии с недостаточно четкой симметрией зеркального отражения относительно оси тела, и четко выраженная оптически плотная «перемычка» (см. рис. 5, н⁴). Противоположный конец тела не сохранился. Несовершенная билатеральная симметрия и сложное дифференцированное строение не исключают вероятности, что остаток может иметь метазойную природу.

Присутствие в составе василеостровской свиты *Vendotaenia antiqua*, *Primoflagella speciosa*, *Aataenia reticularis*, *Bicuspadata fusiformis*, *Vanavarataenia insolita*, *Kanilovia* sp. указывает на котлинский возраст вмещающих отложений [Волкова и др., 1979; Вендская..., 1985а; Гниловская и др., 1988; Бурзин, 1998; Голубкова и др., 2021б, 2022; Golubkova et al., 2023; Środoń et al., 2023]. Выявленные на этом стратиграфическом уровне новые микрофоссилии *Incertae sedis Forma 1*, *Incertae sedis Forma 2* и *Incertae sedis Forma 3* также обнаружены в котлинском горизонте севера Беларуси [Голубкова и др., 2022], что позволяет предполагать высокий биостратиграфический потенциал этих ископаемых остатков. Мы рассчитываем, что последующее детальное изучение и монографическое описание новых микрофоссилий позволят заметно расширить палеонтологическую характеристику котлинского горизонта ВЕП.

Ломоносовская свита. Свита выделена в Ломоносовском районе Ленинградской области без указания

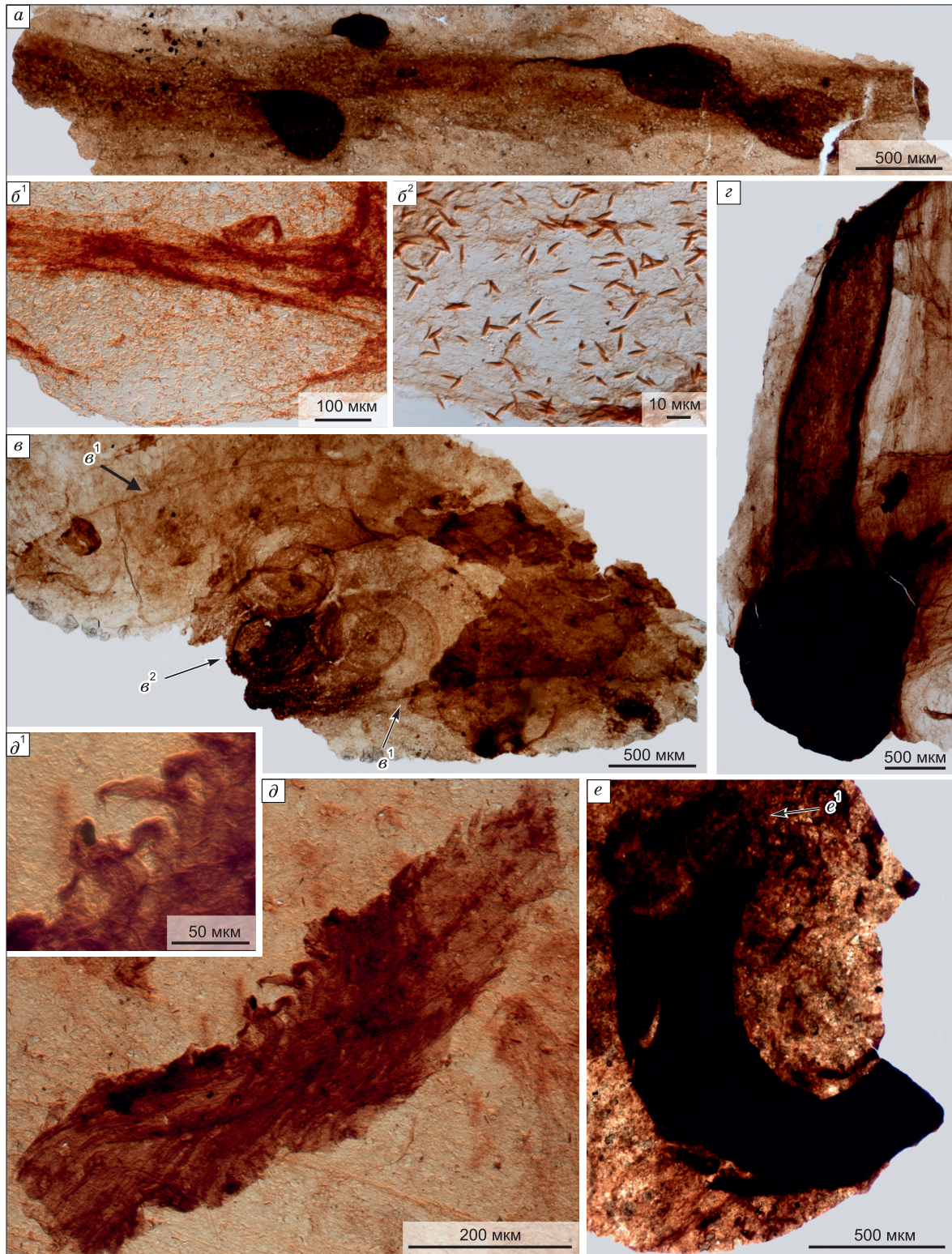


Рис. 4. Поздневендская котлинская ассоциация ископаемых организмов: *a* – одиночные и двоянные (справа) уплощенные сферические образования, сохранившиеся на органической пленке, с признаками прикрепления к субстрату, глубина 249.2 м, обр. T-249.2, преп. 8; *б¹*, *б²* – *Primoflagella speciosa* Gnilovskaya, глубина 258.9 м, обр. T-258.9, преп. 3; *в* – фрагмент организма (*б¹*), осложненного тремя спирально свернутыми образованиями, близкими к *Cochleatina* Assejeva emend. Burzin (*б²*), глубина 249.2 м, обр. T-249.2, преп. 3; *з* – трубчатая форма с булабовидным расширением Incertae sedis Forma 2, глубина 258.9 м, обр. T-258.9, преп. 7; *д* – лентовидная форма с зубчатым краем (*д¹*) Incertae sedis Forma 1, глубина 258.9 м, обр. T-258.9, преп. 15; *е* – трубка, предположительно несущая на одном из окончаний два сферических образования (*е¹*), глубина 271.5 м, обр. T-271.5, преп. 3. Здесь и на рис. 5–8: преп. – препарат.

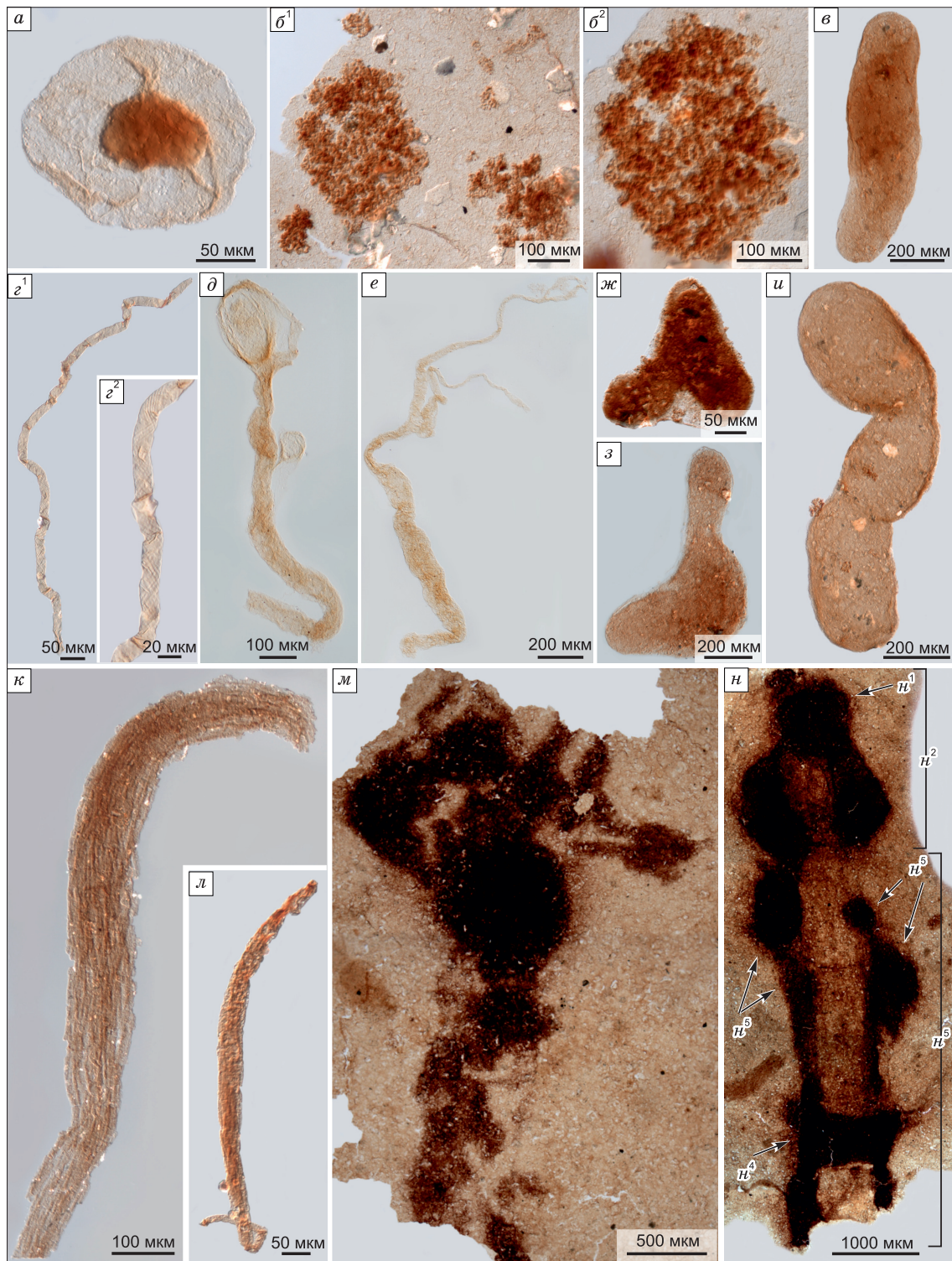


Рис. 5. Поздневендская котлинская ассоциация ископаемых организмов: *a* – *Pterospersimorpha rigida* Golubkova, Kushim et Tarasenko, глубина 226 м, обр. T-226, преп. 13; *б¹, б²* – неопределимые колонии сфероморфных оболочек, глубина 217.8 м, обр. T-217.8, преп. 1; *в* – неопределимые овальные оболочки, глубина 209.8 м, обр. T-209.8, преп. 2; *з¹, з²* – *Pomoria rhomboidalis* Siverzeva; глубина 205.5 м, обр. T-205.5, преп. 7; *д, е* – *Vanavarataenia insolita* Pjatiletov, глубина 226 м, обр. T-226, преп. 10 (*д*), 11 (*е*); *ж–и* – сложные по морфологии оболочки: *ж* – глубина 217.8 м, обр. T-217.8, преп. 1, *з* – глубина 188.3 м, обр. T-188.3, преп. 3, *и* – глубина 209.8 м, обр. T-209.8, преп. 1; *л* – *Aataenia reticularis* Gnilevskaya, emend. Golubkova, Kushim, Tarasenko, глубина 271.5 м, обр. T-271.5, преп. 11; *м* – *Bicuspidata fusiformis* Assejeva, emend. Golubkova, Kushim et Tarasenko, глубина 188.3 м, обр. T-188.3, преп. 2; *н* – *Incertae sedis* Форма 3, глубина 193 м, обр. T-193, преп. 2; *н* – неопределимый фрагмент ископаемого организма, предположительно животного происхождения (*н¹–н⁵* – отдельные части тела), глубина 205.5 м, обр. T-205.5, преп. 1.

стратотипа [Мянниль, 1958; Стратиграфический словарь..., 1975; Менс и др., 1987]. В центральных районах и на востоке Ленинградской области свита без заметного стратиграфического перерыва залегает на породах василеостровской свиты и согласно перекрывается сиверской свитой.

Граница василеостровской и ломоносовской свит в разрезе скв. Тайцы-2 проведена на глубине 170.1 м в основании светло-серого гравелитистого песчаника мощностью 10 см (см. рис. 2). На глубине 170.2 м отмечается последнее появление котлинских таксонов *Aataenia reticularis*, *Bicuspadata fusiformis* и широкое распространение органических пленок, а в образце, отобранном на глубине 167.9 м, выявлены типичные для нижнего кембрия ископаемые остатки животного происхождения *Ceratophyton* sp. (см. рис. 3). Свита (мощность 7.1 м) сложена светло-серыми песчаниками, которые выше по разрезу переходят в тонкослоистые голубовато-серые алевролиты и гидрослюдистые аргиллиты. Песчаники разнозернистые (от грубо- до мелкозернистых), олигомиктовые, плохо сортированные. На глубине 170 м отмечаются знаки ряби.

Сиверская свита. Стратотип свиты установлен в скв. Сиверская (интервал 269.1–158.8 м), пробуренной в районе ст. Сиверская в Ленинградской области [Менс и др., 1987; Стратиграфический словарь..., 1991]. В разрезе скв. Тайцы-2 сиверская свита без заметного стратиграфического перерыва перекрывается породами люкатиской свиты. Свита (мощность 125 м) сложена горизонтально- и тонкослоистыми зеленовато-серыми аргиллитами и алевролитами. В интервале 163–95 м распространены тонкие (мощность в среднем 1–2 см) прослои розовато-серого мелкозернистого песчаника, часто обогащенного глауконитом. Песчаники кварцевые или олигомиктовые полевошпат-кварцевые, среднесортированные с поровым глинистым или пойкилитовым кальцитовым цементом. По всему интервалу наблюдаются пиритизированные следы ползания и объемные слепки нор илороющих животных.

Ассоциация IV с *Ceratophyton* sp. – *Teophipolia lacerata* выявлена в ломоносовской и сиверской свитах в интервале 167.9–41 м (см. рис. 2). Здесь установлены акритархи *Leiosphaeridia crassa*, *L. jacutica*, *L. minutissima*, *L. tenuissima*, *Granomarginata squamacea* Volkova (рис. 6, в), ископаемые цианобактерии *Siphonophycus* sp., *Oscillatorioopsis* sp., водоросли *Tyrasotaenia podolica* (см. рис. 6, м¹), цистоподобные образования *Teophipolia lacerata* Kirjanov (см. рис. 6, з), колонии *Synsphaeridium* Eisenack, *Symplassosphaeridium* sp. Timofeev. В составе биоты обнаружены мицелиеподобные образования с репродуктивными структурами, условно отнесенные к роду *Vanavarataenia* Pjatiletov, и предполагаемые актиномицеты *Primoflagella* sp. Gnilovskaya (см. рис. 6, м², м³). Микрофоссилии *Vanavarataenia* sp. демонстрируют

определенное морфологическое сходство с *Vendomyces major* Burzin [Бурзин, 1993, 1998] и *Baltinema rana* Slater, Harvey, Guilbaud et Butterfield [Slater et al., 2017], описанными, соответственно, из вендских и нижнекембрийских отложений Восточно-Европейской платформы, что требует проведения специальных монографических исследований, направленных на ревизию этих ископаемых остатков. Последнее также актуально для новых актиномицетов *Primoflagella* sp., обнаруженных в нижнем кембрии.

Характерным компонентом четвертой ассоциации являются разнообразные по морфологии прямые и роговидно изогнутые микрофоссилии *Ceratophyton* sp. (см. рис. 6, д–к). Их численность достигает нескольких сотен экземпляров в интервале 167.9–166 м. Микрофоссилии *Ceratophyton* sp. представляют собой сборную группу, отдельные морфотипы которых интерпретируются как скалиды линяющих животных (например, приапулид), либо сопоставляются с хватательным аппаратом хетогнат (выделены в новый вид *Protoherzina compressa* Slater, Harvey et Butterfield) [Slater et al., 2017, 2018].

В интервале 125.0–119.5 м распространены тонкостенные и разнообразные по морфологии фрагменты, условно отнесенные к *Retiranus* sp. Slater, Harvey et Butterfield (рис. 7, б–з). Выявленные экземпляры не содержат сферических образований, характерных для вида *Retiranus balticus* Slater, Harvey et Butterfield, однако по общей морфологии «таллома», толщине стенки и размерам могут быть с некоторой долей сомнения сопоставлены с представителями этого рода. На глубине 147 м обнаружен 1 экземпляр *Cochleatina ignalinica* Paškevičiene (см. рис. 7, а), а выше по разрезу, на глубине 107 м – несколько фрагментов трубок *Sokoloviina costata* Kirjanov (см. рис. 6, л).

На одном стратиграфическом уровне, в ломоносовской и нижней части сиверской свит, встречены макроскопические трубки *Sabellidites cambriensis* и *Platysolenites antiquissimus* (см. рис. 7, ж), которые ранее были описаны из окрестностей г. Санкт-Петербург, зачастую без точных привязок к конкретным разрезам. На глубине 221.1 м в разрезе скв. Гатчина-13 выявлено несколько фрагментов органических трубок *Saarina tenera* Sokolov (см. рис. 7, е¹) и *Sabellidites cambriensis* (см. рис. 7, е²) [Янишевский, 1939; Волкова и др., 1979; Соколов, 1997]. Из лонтовской свиты Эстонии, являющейся фаціальным аналогом сиверской свиты, дополнительно обнаружены раковины моллюсков *Aldanella kunda* (Öpik), *A. cf. A. plana* Vostokova [Менс, Пиррус, 1977, табл. XVI, фиг. 7; Isakar, Peel, 2007].

По акритархам (см. рис. 6, а) и органическим пленкам развит пирит. В верхней части интервала (глубина 41 м) обнаружена оболочка *Leiosphaeridia tenuissima* (см. рис. 6, б¹), на поверхности которой распознаются мелкие (первые микрометры) нитчатые микрофоссилии, предположительно заполненные

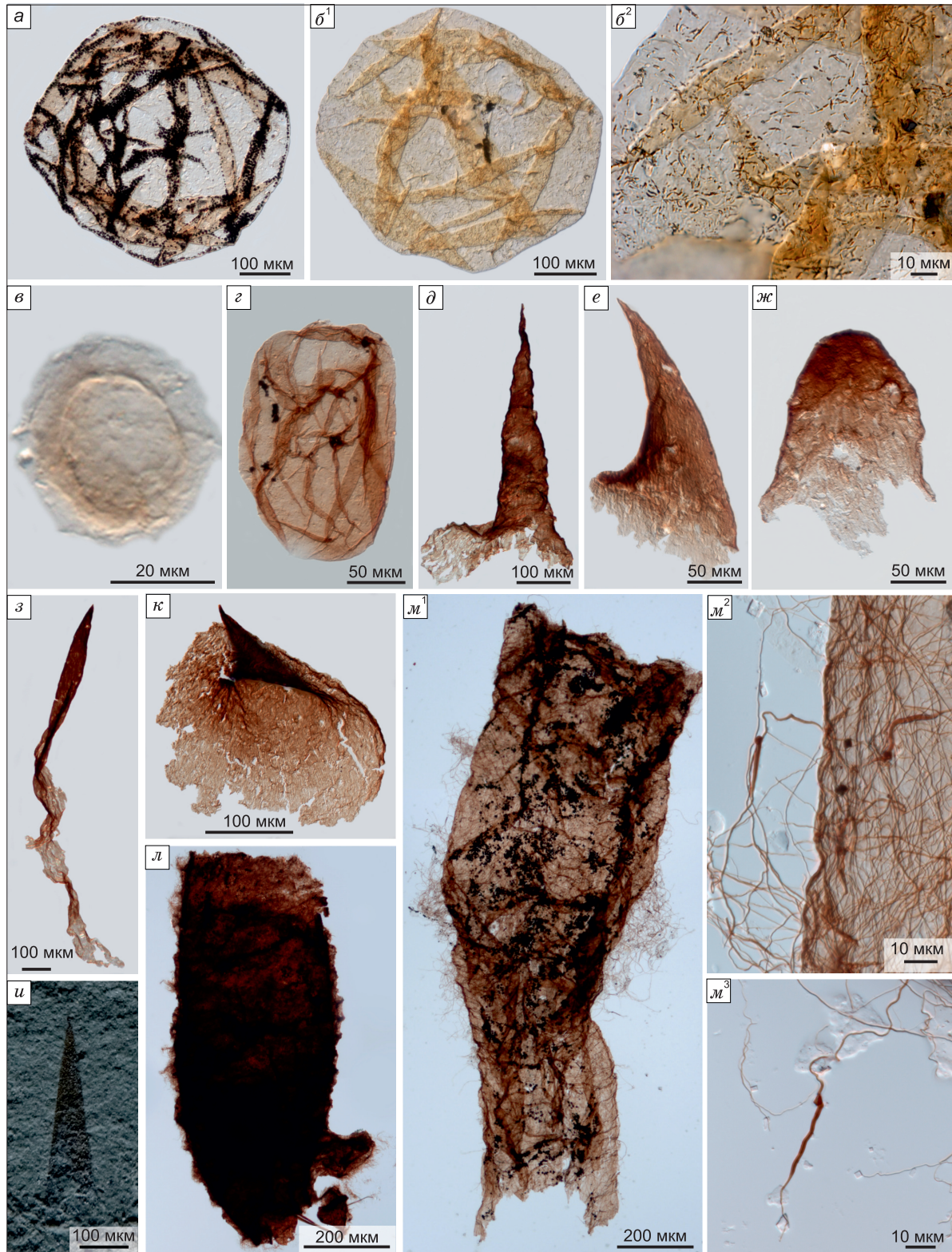


Рис. 6. Раннекембрийская ровенско-лентовская ассоциация ископаемых организмов: *a* – *Leiosphaeridia tenuissima* Eisenack, глубина 55.5 м, обр. T-55.5, преп. 1; *б¹* – *Leiosphaeridia tenuissima* Eisenack, по которой развиты предположительно серные бактерии (*б²*), глубина 41.7 м, обр. T-41.7, преп. 41.7/1; *в* – *Granomarginata squamacea* Volkova, глубина 125 м, обр. T-125, преп. 1; *г* – *Teophipolia lacerata* Kirjanov, глубина 125 м, обр. T-125, преп. 1; *д* – *Ceratophyton* sp. Kirjanov, глубина 160 м, обр. T-160, преп. 1 (*д*, *ж*), глубина 147 м, обр. T-147, преп. 3 (*е*), 1 (*з*), глубина 165 м, обр. T-165 (*и*), глубина 166 м, обр. T-166, преп. 5 (*к*); *л* – *Sokoloviina costata* Kirjanov, глубина 107 м, обр. T-107, преп. 1; *м¹* – развитые по нитчатой водоросли *Tyrasotaenia podolica* Gnilovskaya, глубина 147 м, обр. T-147, преп. 1; *м²*, *м³* – ?актиномицеты *Primoflagella* sp. Gnilovskaya.

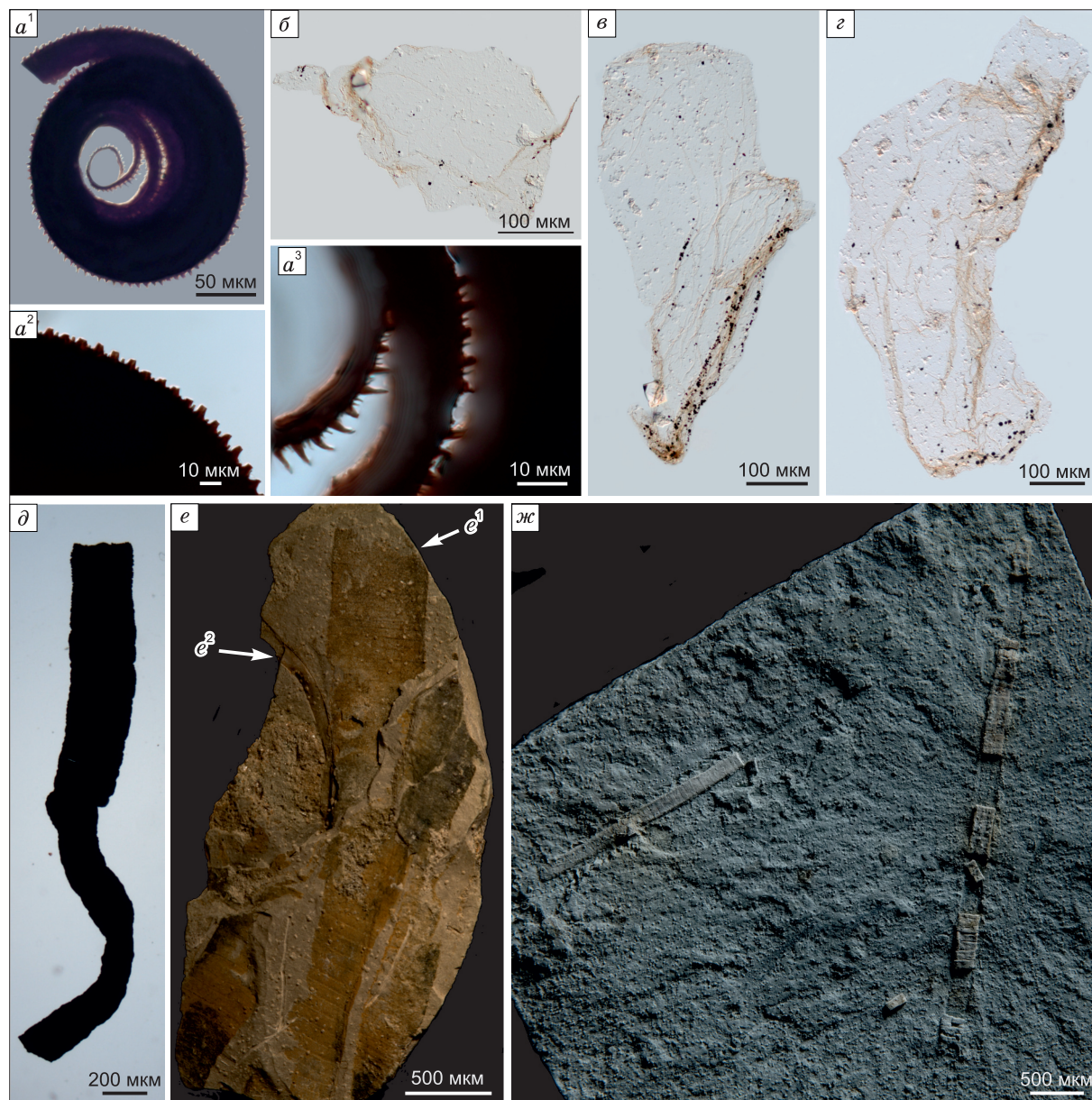


Рис. 7. Раннекембрийская ровенско-лентовская ассоциация ископаемых организмов: a^1 – a^3 – *Cochleatina ignalinica* Paškevičiene, глубина 147 м, обр. T-147, преп. 3; б–г – *Retiranus* sp. Slater, Harvey et Butterfield, глубина 119.5 м, обр. T-119.5, преп. 2 (б), 1 (в, г); д – *Sabellidites* sp. Yanichevsky, глубина 147 м, обр. T-147, преп. 1; e – *Saarina tenera* Sokolov (e^1) и *Sabellidites cambriensis* Yanichevsky (e^2), скв. Гатчина-13, глубина 221.3 м, обр. 27; ж – *Platysolenites antiquissimus* Eichwald, окрестности Ленинградской обл., сиверская свита (без точной привязки к конкретному разрезу).

кристаллами пирита. Эти формы имеют внешнее морфологическое сходство с серными бактериями. Широкое развитие пирита в породах сиверской свиты указывает на восстановительные условия в осадке, что сближает этот стратиграфический интервал с редкинским уровнем [Бурзин, 1998; Голубкова и др., 2021a, 2021b, 2022; Golubkova et al., 2023; Śrdoń et al., 2023].

Выявленные в составе четвертой ассоциации *Granomarginata squamea*, *Sabellidites cambriensis*, *Platysolenites antiquissimus*, *Sokoloviina costata*, *Teo-*

phipolia lacerata, *Ceratophyton* sp. характерны для ровенского и лентовского горизонтов ВЕП [Волкова и др., 1979; Пашкавичене, 1980; Махнач и др., 1985; Геология..., 2001; Голубкова и др., 2022; и др.].

Люкатиская свита. Название свиты дано по местности Люкати на восточной окраине г. Таллина, Эстония [Решение..., 1986; Менс и др., 1987; Стратиграфический словарь..., 1991]. Стратотип свиты установлен на левом берегу р. Пирита в 400 м вверх по течению от моста Люкати и дополнен разрезом скважины (название не приведено), вскрывающей нижнюю грани-

цу свиты. В разрезе скв. Тайцы-2 люкатиская свита (мощность 1.5 м) сложена пачкой переслаивания зеленовато-серого среднезернистого глауконитового песчаника с прослоями серо-зеленых глин. На глубине 30.5 м отмечается прослой темно-серого алевроита с конкрециями пирита мощностью 2 см.

Ассоциация V с *Archaeodiscina umbonulata* – *Globosphaeridium cerinum* – *Skiagia orbiculare* обнаружена на глубине 35.8 м (см. рис. 2, 3). Выделенный комплекс микрофоссилий заметно отличается от предыдущих присутствием большого числа мелкоразмерных (до 40 мкм в диаметре) акантоморфных акритарх: *Asteridium lanatum* (Volkova) Moczyłowska, *A. tornatum* (Volkova) Moczyłowska, *A. pallidum* (Volkova) Moczyłowska, *Globosphaeridium* sp. Moczyłowska, *Heliosphaeridium dissimulare* (Volkova) Moczyłowska, *Heliosphaeridium* sp., а также крупных (свыше 80 мкм) сфероморф, относящихся к празинофитовым водорослям *Tasmanites bobrowskae* Ważyńska (рис. 8, а) и *T. tenellus* Volkova. Помимо довольно многочисленных оболочек *Skiagia orbiculare* (Volkova) Downie (см. рис. 8, в) и *Archaeodiscina umbonulata* (Naumova) Volkova, в меньшем количестве встречаются *Skiagia ornata* (Volkova) Downie, *Skiagia* sp. Downie, *Lophosphaeridium dubium* (Volkova) Moczyłowska, *L. tentativum* Volkova и *Globosphaeridium cerinum* (Volkova) Moczyłowska (см. рис. 8, б). Кроме перечисленных таксонов, для ассоциации характерны немногочисленные, проходящие снизу *Leiosphaeridia* sp. Eisenack, emend. Downie et Sarjeant, *Pterospermopsimorpha* sp. Timofeev, emend. Mikhailova et Jankauskas, *Siphonophycus* sp., *Synsphaeridium* sp. Такой таксономический состав типичен для доминопольского горизонта нижнего кембрия северо-западных и центральных районов ВЕП [Волкова и др., 1979; Геология..., 2001; Moczyłowska, 2011]. В стратотипической местности в Эстонии, по данным М. Мочидловской [2011], доминопольский горизонт охарактеризован более разнообразным видовым составом акритарх. Однако при изучении большего количества образцов, безусловно, можно рассчитывать на получение более полной микропалеонтологической характеристики рассматриваемых отложений. Стратиграфический потенциал видов *Skiagia orbiculare*, *S. ornata* достаточно высок. Их появление сопоставляется с нижней границей трилобитовой зоны *Schmidtellus mickwitzi* нижнего кембрия, а географическое распространение помимо северо-запада ВЕП (включая территории Ленинградской области, Эстонии, Швеции, Польши) протягивается до норвежских каледонид, Дании, Гренландии, Шпицбергена, а также установлено в Казахстане, Восточной Сибири, Южном Китае [Moczyłowska, 1991, 2011] и на юге Австралии [Gravestock et al., 2001].

Дополняют палеонтологическую характеристику люкатиской свиты ископаемые остатки многоклеточных животных (см. рис. 8, г–н). В составе ископаемой

биоты присутствуют *Ceratophyton*–подобные образования (см. рис. 8, г–е, о), некоторые из которых имеют близкое морфологическое строение со скалидами линияющих животных (см. рис. 8, е, о). На этом уровне также обнаружено несколько экземпляров микрофоссилий, одни из которых сопоставляются Б.Дж. Слэйтером [Slater, 2024, fig. 2, AC] с радулой моллюсков (см. рис. 8, ж, з), другие интерпретируются [Slater, 2024, fig. 3, J–AG] как возможные фрагменты кутикулы членистоногих животных (см. рис. 8, н, п). Эти ископаемые остатки обнаружены в нижнекембрийских отложениях Швеции (*Mickwitzia Sandstone*, трилобитовая зона с *Schmidtellus mickwitzi*, Cambrian Stage 3, [Slater, 2024]). Близкие по морфологии к радуле моллюсков микрофоссилии известны также из люкатиской свиты Эстонии [Slater et al., 2017, fig. 10]. К неидентифицированным фрагментам животного происхождения отнесены ископаемые остатки, состоящие из образований двух типов. К первому типу условно отнесены узкоконические образования с заостренным окончанием (см. рис. 8, и, л¹), ко второму – формы, у которых прослеживается оптически более плотная осевая структура либо ребро (см. рис. 8, к, л²).

Rb-Sr ИЗОТОПНЫЕ ДАННЫЕ

С целью получения дополнительной геологической информации было проведено изучение монофракции глобулярного слоистого силиката (ГСС) глауконитиллитового ряда комплексом минералогико-кристаллохимических и изотопно-геохронологических методов. Изученный обр. Т-138.8 был отобран на глубине 138.8 м из нижней части сиверской свиты (см. рис. 2). Исследование микроструктуры и состава ГСС произведено на растровом электронном микроскопе JSM 6510LA с энергодисперсионным спектрометром JED-2200 (JEOL). Содержание и структурное положение катионов Fe^{2+} и Fe^{3+} в ГСС определено методом мессбауэровской спектроскопии. На основании этих данных рассчитана кристаллохимическая формула минерала в предположении, что катионная валентность равна +22 в.е. – $\text{K}_{0.65}\text{Ca}_{0.01}\text{Na}_{0.02}(\text{Si}_{3.72}\text{Al}_{0.28})(\text{Al}_{0.82}\text{Fe}_{0.75}^{3+}\text{Fe}_{0.16}^{2+}\text{Mg}_{0.28})_{2.01}\text{O}_{10}(\text{OH})_2$. Степень алюминиевости ($K_{\text{Al}} = {}^{\text{VI}}\text{Al} / ({}^{\text{VI}}\text{Fe}^{3+} + {}^{\text{VI}}\text{Al})$) изученного минерала составляет 0.52, что позволяет отнести его к Al-глаукониту [Ивановская и др., 2023]. Зерна ГСС размером до 2 мм имеют глобулярную или неправильную форму, осложнены трещинами, а также местами ожелезнены и хлоритизированы. По результатам микрозондового анализа в зернах наблюдается неравномерное распределение содержаний Al, Fe, K. По периферийным частям зерен и трещинам установлены повышенные содержания Al.

Изучение Rb-Sr систематики глауконита (см. таблицу) проводилось по стандартной методике, принятой в ИГГД РАН [Зайцева и др., 2018]. Диапазон ва-

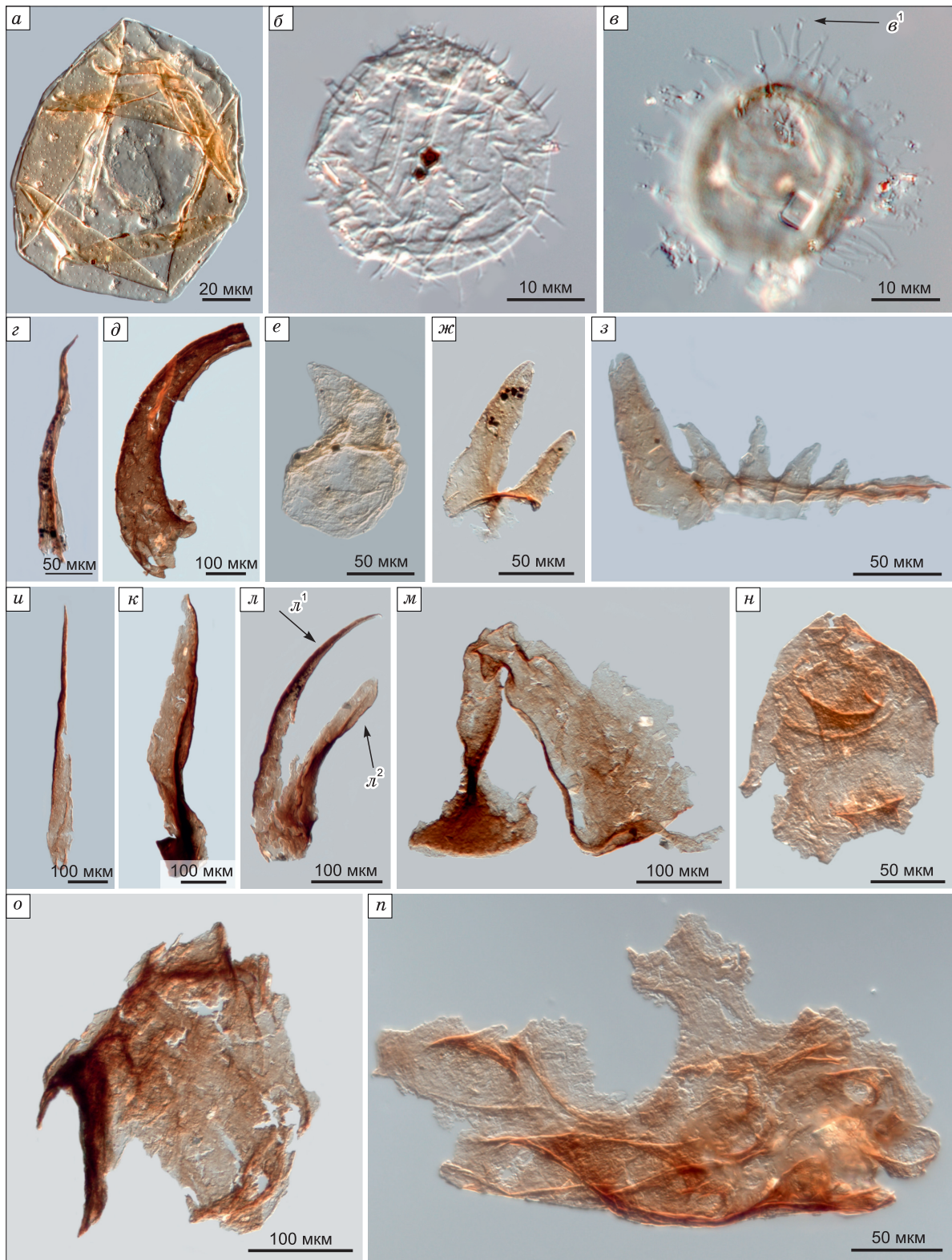


Рис. 8. Раннекембрийская люкатская ассоциация микрофоссилий (глубина 35.8 м, обр. Т-35.8): а – *Tasmanites bobrowskae* Ważyńska; преп. 1, EF: Q4/1; б – *Globosphaeridium cerinum* (Volkova) Moczyłowska; преп. 2, EF: H35/4; в – *Skiagia orbiculare* (Volkova) Downie, орнаментированная выростами, образующими на конце воронку (в¹), преп. 2, EF: D49/3; з–е, о – ?*Ceratophyton* sp. Kirjanov; преп. 3 (з), 7 (д, е, о); ж, з – ископаемые остатки, сопоставляемые с радулой моллюсков, преп. 3 (ж), 2 (з); и–л, м – неидентифицированные ископаемые остатки многоклеточных животных, преп. 6 (и, к), 9 (л), 7 (м); н, п – фрагменты кутикулы многоклеточных животных, преп. 6 (н), 5 (п). Буквенно-численные обозначения координат приведены по системе England Finder (EF), используемой для определения точного местонахождения рассматриваемого экземпляра в палинологическом препарате.

Rb-Sr аналитические данные, полученные по глобулярному слоистому силикату глауконитиллитового ряда, отобранному из сиверской свиты

Глубина, м	Номер образца	Препарат	Rb	Sr	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	Rb-Sr изохронный возраст, млн лет
			мкг/г				
138.8	T-138.8	W	124.2	55.4	6.507	0.7532	457 ± 3
		R	116.4	4.77	73.768	1.1773	
		L	5.91	51.4	0.3326	0.7119	

Примечание: W – глауконит, не подвергавшийся лабораторному выщелачиванию; R – остаток от выщелачивания в 1N растворе HCl, L – кислотная вытяжка в 1N растворе HCl.

риаций отношения Rb/Sr в остатках от выщелачивания, необработанных фракциях и ацетатных вытяжках позволяет построить линию регрессии в координатах $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ – $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и рассчитать изохронный возраст минералов и первичное отношение $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$. Эти значения составляют, соответственно, 457 ± 3 млн лет и 0.7098 ± 0.0001 (СКВО = 16). Гетерогенность химического состава зерен, а также их частичная перекристаллизация (по трещинам и периферии зерен), сопровождающаяся выносом железа из структуры минерала (алюминизация), указывают на то, что минерал претерпел изменения на постдиагенетическом этапе своего формирования. Преобразование структуры ГСС, как правило, сопровождается потерей радиогенных изотопов, что приводит к «омоложению» возраста минерала. Соответственно, полученная датировка 457 ± 3 млн лет не имеет стратиграфического значения, так как отражает возраст более поздних процессов, связанных с погружением осадочных толщ в ордовикское время.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты проведенных исследований позволяют уточнить границы и объемы местных и региональных стратиграфических подразделений венда и кембрия на северо-западе европейской части России, а также существенно дополнить биостратиграфическую характеристику кембрийской части разреза скв. Тайцы-2.

В пограничном венд-кембрийском интервале разреза скв. Тайцы-2 выявлена относительно непрерывная последовательность смены ассоциаций ископаемых организмов поздневендского котлинского (ассоциации I–III) и раннекембрийского ровенско-лонтоваского (ассоциации IV) и доминопольского (ассоциации V) возрастов, что позволяет считать разрез скв. Тайцы-2 опорным для юго-восточного склона Балтийского щита северо-запада России (см. рис. 3). Считающиеся видами–индексами ровенского горизонта *Sabellidites cambriensis*, *Sokoloviina costata*, *Teophipolia lacerata* и характерные для лонтоваского горизонта *Granomarginata squamacea*, *Platysolenites antiquissimus* имеют более широкий стратиграфический диапазон распространения, чем предполагалось ранее, что не позволяет уверенно различать между

собой ровенский горизонт венда и лонтоваский горизонт кембрия. Появляющиеся с основания ломоносовской свиты представители *Ceratophyton*, *Platysolenites*, *Teophipolia*, *Granomarginata* проходят в выше лежащую сиверскую свиту, что указывает на единый этап в развитии биот на этом стратиграфическом уровне. В отличие от принятой стратиграфической схемы [Решение..., 1986] (см. рис. 1), граница венда и кембрия проводится на более низком стратиграфическом уровне, в основании ломоносовской свиты. Аналогичные биостратиграфические данные были получены недавно для кембрийской части разреза скв. Северо-Полоцкая Латвийской седловины севера Беларуси [Голубкова и др., 2022]. Это указывает на близкий характер смены биот на севере и в центральных районах Восточно-Европейской платформы. На основе палеонтологических и литологических данных василеостровская свита северо-запада России коррелируется с россонской (котлинской в ранних работах) свитой севера Беларуси [Голубкова и др., 2022; Лапцевич и др., 2023], а выше лежащие ломоносовская и сиверская свиты – с рудаминской и лонтоваской свитами соответственно. В люкатиской свите совместно с акантоморфными акритархами обнаружены фрагменты ископаемых остатков животного происхождения, что расширяет палеонтологическую характеристику доминопольского горизонта на территории России.

Пограничные венд-кембрийские отложения на северо-западном склоне Оленекского поднятия Сибирской платформы представлены непрерывной осадочной последовательностью кессюсинской серии [Grazhdankin et al., 2020]. Соколов Б.С. [1984, 1985, 1995] рассматривал разрез Оленекского поднятия в качестве неформального «синстратотипа» нижней границы томмотского яруса кембрия. Кессюсинская серия на северо-западном склоне Оленекского поднятия расчленяется на сыаргалахскую, маттайскую и чускунскую свиты [Nagovitsin et al., 2015]. Сыаргалахская свита содержит комплекс ископаемых остатков, в составе которого установлены следы жизнедеятельности *Treptichnus pedum* (Seilacher) – индекс-таксон фортунского яруса кембрия Стандартной глобальной хроностратиграфической шкалы, а также разнообразные уплощенные трубчатые остатки, в том числе *Sabellidites* sp. В основании маттайской

свиты выявлены ископаемые следы жизнедеятельности *Rusophycus avalonensis* Crimes et Anderson, первое появление которых приурочено к верхней части фортунского яруса. В верхней части маттайской свиты, вблизи подошвы томмотского яруса, установлен комплекс органостенных микрофоссилий [Огурцова, 1975; Рудавская, Васильева, 1985], имеющих широкий стратиграфический диапазон распространения [Moczyłowska, 1991], тогда как чускунская свита томмотского возраста содержит разнообразные фрагменты кутикулы билатерий и акритархии *Asteridium tornatum*, *Comasphaeridium agglutinatum* Moczyłowska, *Granomarginata squamacea*, *Tasmanites* sp. Newton, характерные для лонтоваского горизонта ВЕП [Moczyłowska, 1991; Grazhdankin et al., 2020]. Принимая во внимание тот факт, что тафономические и палеоэкологические особенности ископаемой биоты пограничного интервала венда и кембрия остаются слабоизученными, полученная нами палеонтологическая характеристика разреза скв. Тайцы-2 имеет большое научное значение, так как позволяет проводить дальнемагистральную корреляцию осадочной системы ломоносовской и сиверской свит ВЕП с осадочной системой кессюсинской серии «синстратотипа» нижней границы томмотского яруса Сибирской платформы.

Результаты биостратиграфических исследований пограничных отложений венда и кембрия северо-запада европейской части России позволяют пересмотреть объем вендской системы. В настоящее время типом верхнего отдела венда в Общей стратиграфической шкале служит «последовательность редкинско-котлинского и ровенского горизонтов (региоярусов) Восточно-Европейской платформы» [Постановления..., 1992, с. 32]. Толща, которая ранее сопоставлялась с ровенским горизонтом, по палеонтологической характеристике не отличается от лонтоваского горизонта нижнего кембрия. Таким образом, в стратотипической местности (северо-запад Восточно-Европейской платформы) объем верхнего венда предлагается ограничить редкинским и котлинским горизонтами.

В Стандартной глобальной хроностратиграфической шкале котлинский горизонт, по всей вероятности, соответствует верхней части эдиакария, нерасчлененный ровенский–лонтоваский интервал – фортунскому ярусу вместе с еще не получившим пока названия вторым ярусом терренувского отдела нижней части кембрия, а люкатиский – трилобитовой зоне *Schmidtellus mickwitzii* 3-го яруса 2-го отдела кембрия [Peng et al., 2020].

Как отмечалось выше, анализ минералого-кристаллохимических данных по глобулярному слоистому силикату из песчаников сиверской свиты показал, что минерал претерпел изменения на постдиагенетическом этапе своего формирования. Соответственно, полученная Rb-Sr датировка (457 ± 3 млн лет) не яв-

ляется стратиграфически значимой, так как отражает возраст более поздних тектоно-термальных процессов в ордовике. По-видимому, эти же события привели к «омоложению» Rb-Sr возраста ГСС, полученного для люкатиской (около 472 млн лет), тискреской (465–458 млн лет) свит нижнего кембрия и теброской свиты (около 450 млн лет) среднего кембрия Прибалтики [Ивановская и др., 2023]. Предполагается, что погружение кембрийских осадочных толщ было связано с формированием палеоокеана Япетус, располагавшегося вдоль северо-западной окраины ВЕП, во время каледонского этапа развития платформы [Гарецкий, 2007].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Геологическая летопись палеонтологических остатков в разрезах пограничных отложений верхнего протерозоя и фанерозоя северо-запада Восточно-Европейской платформы позволяет достаточно уверенно проводить границу венда и кембрия по появлению ассоциации IV «*Ceratophyton* sp. – *Teophipolia lacerata*», для которой характерны фрагменты кутикулы, принадлежащие различным группам билатерий, а также признаки биотурбации осадка. Эта ассоциация очень близка с ассоциацией, установленной в кессюсинской серии в «синстратотипе» нижней границы кембрия на северо-западном склоне Оленекского поднятия Сибирской платформы. Результаты биостратиграфических исследований и сопоставления с Сибирской платформой позволяют считать разрез скв. Тайцы-2 опорным для северо-запада России.

БЛАГОДАРНОСТИ И ФИНАНСИРОВАНИЕ

Авторы выражают искреннюю благодарность рецензентам за высокую оценку работы и ценные замечания, позволившие улучшить статью.

Исследования выполнены на оборудовании ЦКП «АИРИЗ» при поддержке гранта Российского научного фонда № 23-27-00313, <https://rscf.ru/project/23-27-00313/>.

ЛИТЕРАТУРА

- Арень Б., Бессонова В.Я., Брангулис А.П., Великанов В.А., Власов Б.И., Келлер Б.М., Лендзен К., Менс К., Михняк Р., Кирьянов В.В., Пискун Л.В., Пиррус Э., Розанов А.Ю., Чумаков Н.М. (1979). Стратиграфия верхнедокембрийских и кембрийских отложений запада Восточно-Европейской платформы. М., Наука, 236 с.
- Бурзин М.Б. (1993). Древнейший хитридиомицет (*Mycota*, *Chytridiomycetes incertae sedis*) из верхнего венда Восточно-Европейской платформы // Фауна и экосистемы геологического прошлого / Под ред. Б.С. Соколова, А.Б. Иванова. М., Наука, с. 21–33.
- Бурзин М.Б. (1997). *Tynnina* Burzin, gen. nov. – новый род вендских колониальных коккоидных органикостенных микрофоссилий // Палеонтологический журнал, № 2, с. 20–28.

- Бурзин М.Б. (1998). Палеобиогеография позднего венда Русской платформы // Палеогеография венда–раннего палеозоя Северной Евразии. Сборник научных трудов. Екатеринбург, УрО РАН, с. 136–146.
- Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 1. Палеонтология. (1985а). Под ред. Б.С. Соколова, А.Б. Ивановского. М., Наука, 224 с.
- Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы. (1985б). Под ред. Б.С. Соколова, М.А. Федонкина. М., Наука, 244 с.
- Вербицкий В.Р., Вербицкий И.В., Васильева О.В., Саванин В.В., Кямря В.В., Мазуркевич К.Н., Кротова-Путинцева А.Е., Семёнова Л.Р., Богданов Ю.Б., Петров Б.В., Максимов А.В., Горбачевич Н.Р., Иванова Т.А., Енгальчев С.Ю., Жамойда В.А., Мохов В.В., Суслев Г.А., Журавлева О.Ю., Михайлов М.В., Русецкая Г.А., Бутаков П.М., Вербицкая Н.В., Галитарова А.С., Насонова Л.Д., Саммет Э.Ю., Яновский А.С., Буслович А.Л., Ауслендер В.Г., Плешивцева Э.С., Гусев А.П., Шатрова Н.А., Винкенштерн Ю.С., Атакова М.М., Савиных Т.Н., Чичова И.В., Иванов М.А., Шишлов С.Б., Щеколдин Р.А., Цинкобурова М.Г., Таловина И.В., Тарасенко А.И., Никитина Э.В. (2012). Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-6 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Листы О-35 – Псков, (N-35), О-36 – Санкт-Петербург. Объяснительная записка. СПб., Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 510 с.
- Волкова Н.А. (1973). Акритархи и корреляция венда и кембрия западной части Русской платформы // Советская геология, № 4, с. 48–62.
- Волкова Н.А., Гниловская М.Б., Палий В.В., Линдзен К., Кирьянов В.В., Палий В.М., Пашквичене Л.Т., Пискун Л.В., Пости Э., Розанов А.Ю., Урбанек А., Федонкин М.А., Янкаускас Т.В. (1979). Палеонтология верхнекембрийских и кембрийских отложений Восточно-Европейской платформы. М., Наука, 212 с.
- Гаген-Торн О.Я. (2016). О формировании верхневендских–среднекембрийских глинистых толщ предглинтовой области // Георесурсы, т. 18, № 2, с. 120–126, EDN: WJELDF.
- Гарецкий Р.Г. (2007). Особенности тектоники и геодинамики Восточно-Европейской платформы // Літасфера, т. 27, № 2, с. 3–13.
- Геология Беларуси. (2001). Под ред. А.С. Махнач, Р.Г. Гарецкого, А.В. Матвеева. Минск, Институт геологических наук НАН Беларуси, 815 с.
- Герман Т.Н. (1974). Из опыта извлечения крупных растительных остатков и микрофоссилий с помощью химического растворения пород // Микрофоссилии СССР / Ред. Т.Ф. Возженникова. Новосибирск, Наука, с. 97–99. (Тр. ИГиГ СО АН СССР, вып. 81).
- Гниловская М.Б., Ищенко А.А., Колесников Ч.М., Коренчук Л.В., Удальцов А.П. (1988). Вендотениды Восточно-Европейской платформы. Л., Наука, 143 с.
- Голубкова Е.Ю., Кушим Е.А., Кузнецов А.Б., Яновский А.Б., Маслов А.В., Шведов С.Д., Плоткина Ю.В. (2018). Редкинская биота макроскопических ископаемых организмов северо-запада Восточно-Европейской платформы (Южное Приладожье) // ДАН, т. 479, № 2, с. 163–167, DOI: [10.7868/S086956521808011X](https://doi.org/10.7868/S086956521808011X).
- Голубкова Е.Ю., Кушим Е.А., Тарасенко А.Б. (2020). Ископаемые организмы котлинского горизонта верхнего венда северо-запада Русской плиты (Ленинградская область) // Палеонтологический журнал, № 4, с. 99–108, DOI: [10.31857/S0031031X20040066](https://doi.org/10.31857/S0031031X20040066).
- Голубкова Е.Ю., Бобровский И.М., Кушим Е.А., Плоткина Ю.В. (2021а). Ископаемые организмы редкинского горизонта верхнего венда северо-запада Русской плиты (Ленинградская область) // Палеонтологический журнал, № 5, с. 107–114, DOI: [10.31857/S0031031X21050056](https://doi.org/10.31857/S0031031X21050056).
- Голубкова Е.Ю., Кузьменкова О.Ф., Кушим Е.А., Лапцевич А.Г., Плоткина Ю.В., Манкевич С.С. (2021б). Распространение микрофоссилий в отложениях венда Оршанской впадины Восточно-Европейской платформы, Беларусь // Стратиграфия. Геологическая корреляция, т. 29, № 6, с. 24–38, DOI: [10.31857/S0869592X2106003X](https://doi.org/10.31857/S0869592X2106003X).
- Голубкова Е.Ю., Кузьменкова О.Ф., Лапцевич А.Г., Кушим Е.А., Воскобойникова Т.В., Силиванов М.О. (2022). Палеонтологическая характеристика верхневендских–нижнекембрийских отложений в разрезе скважины Северо-Полоцкая Восточно-Европейской платформы, Беларусь // Стратиграфия. Геологическая корреляция, т. 30, № 6, с. 1–19, DOI: [10.31857/S0869592X22060072](https://doi.org/10.31857/S0869592X22060072).
- Государственная геологическая карта СССР. М-6 1:1 000 000. Лист О-36 – Ленинград. Объяснительная записка. (1957). Под ред. А.Н. Александровой, Е.А. Петровой. М., Гостеолтехиздат, 103 с.
- Зайцева Т.С., Горохов И.М., Семихатов М.А., Кузнецов А.Б., Ивановская Т.А., Константинова Г.В., Доржиева О.В. (2018). «Омоложденные» глобулярные слоистые силикаты в рифейских отложениях Оленекского поднятия Северной Сибири: кристаллохимическая идентификация и геологическое значение Rb-Sr и K-Ar датировок // Стратиграфия. Геологическая корреляция, т. 26, № 5 Приложение, с. S3–S26, DOI: [10.1134/S0869592X18060054](https://doi.org/10.1134/S0869592X18060054).
- Ивановская Т.А., Сахаров Б.Б., Зайцева Т.С. (2023). Глобулярные-слоистые силикаты глауконит-иллитового ряда в кембрийских и ордовикских отложениях восточной Балтики (Северная Эстония, Западная Литва, Западная Латвия) // Литология и полезные ископаемые, № 2, с. 180–200, DOI: [10.31857/S0024497X22700057](https://doi.org/10.31857/S0024497X22700057).
- Купцова А.В., Худoley А.К., Дэвис В., Рейнбирд Р.Х., Ковач В.П., Загорная Н.Ю. (2011). Возраст и источники сноса песчаников приозерской и салминской свит рифея в восточном борту Пашско-Ладожского бассейна (южная окраина Балтийского щита) // Стратиграфия. Геологическая корреляция, т. 19, № 2, с. 3–19.
- Лапцевич А.Г., Голубкова Е.Ю., Кузьменкова О.Ф., Воскобойникова Т.В., Кушим Е.А. (2023). Котлинский горизонт верхнего венда Беларуси: литологическое расчленение и биостратиграфическое обоснование // Літасфера, № 1 (58), с. 17–24.
- Маслов А.В., Гражданкин Д.В., Подковыров В.Н. (2019). Поздневендский котлинский кризис на Восточно-Европейской платформе: литогеохимические индикаторы среды осадконакопления // Литология и полезные ископаемые, № 1, с. 1–30, DOI: [10.31857/S0024-497X201912-30](https://doi.org/10.31857/S0024-497X201912-30).
- Махнач А.С., Шкуратов В.И., Зиновенко Г.В., Пискун Л.В. (1985). Кембрий Беларуси. Минск, Наука и техника, 195 с.
- Менс К., Пиррус Э.А. (1971). О стратиграфии пограничных слоев венда и кембрия на северо-западе Русской платформы // Известия АН СССР. Сер. геол., № 4, с. 93–103.
- Менс К., Пиррус Э.А. (1977). Стратотипические разрезы кембрия Эстонии. Таллин, Валгус, 70 с.
- Менс К., Бергстрем Я., Лендзен К. (1987). Кембрий Восточно-Европейской платформы (корреляционная схема и объяснительная записка). Таллин, Валгус, 120 с.
- Мяньиль Р.М. (1958). К номенклатуре кембрийских отложений Прибалтики // Известия АН ЭССР, т. VII. Сер. техн. и физ.-мат. наук, № 4, с. 350–352.
- Объяснительная записка к схеме стратиграфии верхнего докембрия Русской платформы. (1978). Под ред. Б.М. Келлера, П.Л. Шульги. Киев, ИГН АН УССР, 36 с.
- Огурцова Р.Н. (1975). Находки лонтоваских акритарх в отложениях томмотского яруса Оленекского поднятия // Известия АН СССР. Сер. геол., № 11, с. 84–89.

- Пашкавичене Л.Т. (1980).** Акритархи пограничных отложений венда и кембрия запада Восточно-Европейской платформы. М., Наука, 76 с.
- Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. (1992).** Ред. А.И. Жамойда. Вып. 26. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 69 с.
- Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. (2011).** Ред. А.И. Жамойда. Вып. 40. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 40 с.
- Решение Межведомственного регионального стратиграфического совещания по кембрийским отложениям Русской платформы (г. Вильнюс, 1983 г.). (1986).** Л., Изд-во ВСЕГЕИ, 49 с.
- Решения Межведомственного совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем верхнего докембрия и палеозоя Русской платформы 1962 г. (1965).** Ред. В.Н. Тихий. Л., Типография фабрики № 9 ГУТК, 79 с.
- Розанов А.Ю. (1973).** Закономерности морфологической эволюции археоциат и вопросы ярусного расчленения нижнего кембрия. М., Наука, 164 с.
- Рудавская В.А., Васильева Н.И. (1985).** Акритархи и скелетная проблематика на границах венда, томмотского и атдабанского ярусов // Стратиграфия позднего докембрия и раннего палеозоя Сибирской платформы / Ред. М.Л. Кокоулин. Л., ВНИГРИ, с. 51–57.
- Соколов Б.С. (1953).** Стратиграфическая схема нижнепалеозойских (додевонских) отложений северо-запада Русской платформы // Девон Русской платформы. М., Гостоптехиздат, с. 16–38.
- Соколов Б.С. (1958).** Проблема нижней границы палеозоя и древнейшие отложения досинийских платформ Евразии. Геологический сборник № 3. Л., Гостоптехиздат, с. 5–67. (Тр. ВНИГРИ, вып. 126).
- Соколов Б.С. (1984).** Вендская система: положение в стратиграфической шкале // 27-й Международный геологический конгресс. Стратиграфия. Доклады. М., Наука, с. 111–127.
- Соколов Б.С. (1985).** Вендская система: историко-геологическое и палеонтологическое обоснование // Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы / Под ред. Б.С. Соколова, М.А. Федонкина. М., Наука, с. 199–214.
- Соколов Б.С. (1995).** Вендская система и «неопротерозой-III» // Стратиграфия. Геологическая корреляция, т. 3, № 6, с. 51–67.
- Соколов Б.С. (1997).** Очерки становления венда. М., КМК Лтд, 156 с.
- Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное. (2019).** Ред. А.И. Жамойда. СПб., Изд-во ВСЕГЕИ, 96 с.
- Стратиграфический словарь. Верхний докембрий (Северная Евразия в границах бывшего СССР). (1994).** Ред. М.Е. Раабен. М., Наука, 351 с.
- Стратиграфический словарь СССР. Кембрий, ордовик, силур, девон. (1975).** Под ред. И.Е. Заниной, Б.К. Лихарева. Л., Недра, 622 с.
- Стратиграфический словарь СССР. Новые стратиграфические подразделения палеозоя СССР. (1991).** Ред. А.И. Жамойда. Л., Недра, 555 с.
- Тарасенко А.Б., Подковыров В.Н. (2022).** Литолого-генетические особенности старорусской, василеостровской и сиверской свит верхнего венда–нижнего кембрия Балтийско-Ладжской моноклизы // Литосфера, т. 22, № 3, с. 284–299, DOI: [10.24930/1681-9004-2022-22-3-284-299](https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-3-284-299).
- Якобсон К.Э. (2014).** Проблемы венда Восточно-Европейской платформы // Региональная геология и металлогения, № 60, с. 109–116.
- Янишевский М.Э. (1939).** Кембрийские отложения Ленинградской области // Ученые записки ЛГУ, № 25, с. 3–31.
- Golubkova E.Yu., Kushim E.A., Kuzmenkova O.F., Laptsevich A.G., Plotkina Yu.V., Silivanova M.O. (2023).** Stratigraphic distribution of fossil organisms in the Upper Vendian deposits of the central and southwestern regions of the East European Platform // Paleontol. J., v. 57 (suppl. 3), p. S211–S236, DOI: [10.1134/S0031030124600124](https://doi.org/10.1134/S0031030124600124).
- Gravestock D.I., Alexander E.M., Demidenko Yu.E., Esakova N.V., Holmer L.E., Jago L.B., Tian-rui Lin, Melnikova L.M., Parkhaev P.Yu., Rozanov A.Yu., Ushatinskaya G.T., Wen-long Zang, Zhegallyo E.A., Zhuravlev A.Yu. (2001).** The Cambrian Biostratigraphy of the Stansbury Basin, South Australia. IAPC Nauka/Interperiodica, Moscow, 344 p.
- Grazhdankin D.V., Marusin V.V., Izokh O.P., Karlova G.A., Kochnev B.B., Markov G.E., Nagovitsin K.E., Sarsembaev Z., Peek S., Cui H., Kaufman A.J. (2020).** Quo vadis, Tommotian? // Geol. Mag., v. 157 (1), p. 22–34, DOI: [10.1017/S0016756819001286](https://doi.org/10.1017/S0016756819001286).
- Isakar M., Peel J.S. (2007).** Lower Cambrian helcionelloid molluscs from Estonia // GFF, v. 129 (3), p. 255–262, DOI: [10.1080/11035890701293255](https://doi.org/10.1080/11035890701293255).
- Jensen S. (2003).** The Proterozoic and earliest Cambrian trace fossil record; patterns, problems and perspectives // Integr. Comp. Biol., v. 43 (1), p. 219–228, DOI: [10.1093/icb/43.1.219](https://doi.org/10.1093/icb/43.1.219).
- Moczydlowska M. (1991).** Acritarch biostratigraphy of the Lower Cambrian and the Precambrian – Cambrian boundary in southeastern Poland // Foss. Strata, No. 29, p. 1–127, DOI: [10.18261/8200374742-1991-01](https://doi.org/10.18261/8200374742-1991-01).
- Moczydlowska M. (2011).** The early Cambrian phytoplankton radiation: acritarch evidence from the Lükati Formation, Estonia // Palynology, v. 35 (1), p. 103–145, DOI: [10.1080/01916122.2011.552563](https://doi.org/10.1080/01916122.2011.552563).
- Nagovitsin K.E., Rogov V.I., Marusin V.V., Karlova G.A., Kolesnikov A.V., Bykova N.V., Grazhdankin D.V. (2015).** Revised Neoproterozoic and Terreneuvian stratigraphy of the Lena-Anabar Basin and north-western slope of the Olenek Uplift, Siberian Platform // Precambrian Res., v. 270, p. 226–245, DOI: [10.1016/j.precamres.2015.09.012](https://doi.org/10.1016/j.precamres.2015.09.012).
- Peng S.C., Babcock L.E., Ahlberg P. (2020).** Chapter 19 – the Cambrian Period, in: Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. (Eds.) Geological Time Scale 2020. Amsterdam, Elsevier, v. 2, p. 565–629, DOI: [10.1016/B978-0-12-824360-2.00019-X](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00019-X).
- Slater B.J. (2024).** Life in the Cambrian shallows: Exceptionally preserved arthropod and mollusk microfossils from the early Cambrian of Sweden // Geology, v. 52 (4), p. 256–260, DOI: [10.1130/G51829.1](https://doi.org/10.1130/G51829.1).
- Slater B.J., Harvey T.H.P., Gulbaud R., Butterfield N.J. (2017).** A cryptic record of Burgess shale-type diversity from the Early Cambrian of Baltica // Palaeontology, v. 60 (1), p. 117–140, DOI: [10.1111/pala.12273](https://doi.org/10.1111/pala.12273).
- Slater B.J., Harvey T.H.P., Butterfield N.J. (2018).** Small carbonaceous fossils (SCFs) from the Terreneuvian (Lower Cambrian) of Baltica // Palaeontology, v. 61 (3), p. 417–439, DOI: [10.1111/pala.12350](https://doi.org/10.1111/pala.12350).
- Środoń J., Condon D.J., Golubkova E., Millar I. L., Kuzmenkova O., Paszkowski M., Mazur S., Kędzior A., Drygant D., Ciobotaru V., Liivamägi S. (2023).** Ages of the Ediacaran Volyn–Brest trap volcanism, glaciations, paleosols, Podillya Ediacaran soft-bodied organisms, and the Redkino-Kotlin boundary (East European Craton) constrained by zircon single grain U–Pb dating // Precambrian Res., v. 386, 106962, DOI: [10.1016/j.precamres.2023.106962](https://doi.org/10.1016/j.precamres.2023.106962).