

РЕДКИНСКАЯ БИОТА И Rb-Sr ВОЗРАСТ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕНДА СЕВЕРА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Е. Ю. Голубкова^{1, *}, Т. С. Зайцева¹, В. В. Третьяченко², Е. А. Кушим¹, А. Б. Кузнецов¹,
Т. Л. Турченко¹, М. О. Силиванов¹

¹Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, Россия

² Акционерная компания “АЛРОСА” ПАО, Архангельск, Россия

*e-mail: golubkovaeyu@mail.ru

Поступила в редакцию 22.04.2024 г.

После доработки 04.07.2024 г.

Принята к публикации 17.08.2024 г.

Проведено литологическое, палеонтологическое и Rb-Sr изотопно-геохронологическое изучение верхневендских отложений скв. Кепина-775, пробуренной на северо-западе Мезенской синеклизы Восточно-Европейской платформы (Юго-Восточное Беломорье). Редкинская биота обнаружена в верховских и зимнегорских слоях усть-пинезской свиты. Транзитные ассоциации микрофоссилий установлены в архангельских слоях усть-пинезской свиты и в “мезенской” свите. Котлинский горизонт по биостратиграфическим данным в Юго-Восточном Беломорье не распознается. Присутствие в ергинских слоях эдиакарских мягкотелых организмов, а также унаследованный характер распространения микрофоссилий, проходящих из усть-пинезской свиты, позволяют расширить объем редкинского горизонта относительно принятой ранее схемы до подошвы мельских слоев. Возраст мельских слоев достоверно не определен. Rb-Sr возраст генерации аутигенного 1M иллита в аргиллитах архангельских слоев усть-пинезской свиты равен 565 ± 9 млн лет. Присутствие незначительной примеси детритового 2M₁ иллита позволяет рассматривать эту датировку как нижнюю возрастную границу накопления архангельских слоев. Rb-Sr возраст “мелкозернистых” генераций 1M_d иллита (около 540–460 млн лет) отвечает стадии диагенеза погружения глинистого осадка.

Ключевые слова: микрофоссилии, макрофоссилии, Rb-Sr возраст, редкинский горизонт, стратиграфия, венд, эдиакарий, Юго-Восточное Беломорье

ВВЕДЕНИЕ

Юго-Восточное Беломорье рассматривается как стратотипический регион развития верхневендских отложений, отнесенных к редкинскому и котлинскому горизонтам (Вендская..., 1985б; Верхний..., 1986). В Международной хроностратиграфической шкале (Standard Global Chronostratigraphic Chart) этот стратиграфический интервал отвечает верхней части эдиакария (Gradstein et al., 2020). Выходы пород на дневную поверхность прослеживаются на протяжении более 300 км, от Зимнего берега Белого моря на северо-востоке и до среднего течения р. Онега на Онежском полуострове на юго-западе (Вендская..., 1985б). К юго-востоку, востоку венд быстро погружается под палеозойские толщи, где вскрывается в серии глубоких скважин, пробуренных на Зимнебережной и Онежской площадях в 1980–1990-е годы (скв. Светлая-570, Чадвия-770, Ижмозерская-771, Верхняя Кепина-772, Степановка-773, Золотица-774, Кепина-775, Илос-776).

Отложения венда на Зимнем берегу Белого моря известны как одно из самых богатых местонахождений эдиакарских мягкотелых организмов, которые стали объектом многочисленных палеобиологических и биостратиграфических исследований (Федонкин, 1981; Вендская..., 1985б; Grazhdankin, 2014 и др.). Однако сведения о таксономическом составе и вертикальном распространении микрофоссилий в регионе отрывочны, противоречивы и содержатся преимущественно в отдельных изданиях более чем тридцатилетней давности (Вендская..., 1985а, 1985б и ссылки в этих работах). Не менее сложной является проблема расчленения отложений венда–кембрия на местные и региональные стратиграфические подразделения. Кроме официально принятой стратиграфической схемы (Верхний..., 1986), для этого региона были предложены и другие варианты схем (Гражданкин, 2003; Кузнецов и др., 2015; Алексеев и др., 2022), что привело к разному пониманию стратиграфических объемов и возрастов выделенных здесь подразделений (рис. 1). Также неоднозначен вопрос валидности некоторых новых и принятых ранее стратонов.

Рис. 1. Сопоставление взглядов исследователей на стратиграфическое расчленение верхневендских–нижнекембрийских отложений Юго-Восточного Беломорья.

В настоящей статье проведен анализ действующих и предлагаемых новых стратиграфических схем венда–кембрия Юго-Восточного Беломорья, значительно восполнен пробел в изучении состава и стратиграфического распространения ископаемых организмов в отложениях венда, а также представлены новые Rb–Sr изотопно-геохронологические данные по скв. Кепина-775, пробуренной в северо-западном борту Мезенской синеклизы (рис. 2).

Рис. 2. Стратиграфическое расчленение отложений и вертикальное распространение ископаемых организмов в разрезе скв. Кепина-775 (расчленение разреза на слои проведено по (Бурзин, Виноградов, 2004), с изменениями и дополнениями).

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ПРОБЛЕМЫ СТРАТИФИКАЦИИ ВЕНД-КЕМБИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОГО БЕЛОМОРЬЯ

Согласно последней официально принятой стратиграфической схеме (Верхний..., 1986), в Юго-Восточном Беломорье выделяются усть-пинежская свита редкинского горизонта и мезенская, падунская свиты котлинского горизонта верхнего венда (рис. 1). При этом местные стратиграфические подразделения – мезенская и падунская свиты – не имеют стратотипов (Верхний..., 1986, с. 30–31), а название “мезенская” свита уже ранее было закреплено за верхнепермскими отложениями Мезенской синеклизы (Стратиграфический..., 1977, с. 255). Проблема валидности падунской свиты может быть решена за счет выделения лектостратотипа – эталонного разреза, выбираемого в случае, если первичный стратотип не был указан авторами (Стратиграфический..., 2019, с. 63). Сложнее обстоит ситуация с мезенской свитой. Согласно статье XI.7 (Стратиграфический..., 2019, с. 51), “название нового стратиграфического подразделения должно отличаться от существующих названий других подразделений той же категории”. Учитывая то, что пермские и вендские отложения, выделенные в мезенскую свиту, установлены в одном регионе, к ним не может быть применено исключение из правил, согласно которому “для местных стратиграфических подразделений, распространенных в различных регионах и относимых к разным геологическим системам, допускаются гомонимы (одинаковые названия двух или нескольких стратона)” (Стратиграфический..., 2019, с. 51–52). Это требует пересмотра названия стратона, относимого в действующей схеме 1986 г. к мезенской свите. На проблему валидности этого подразделения ранее обращал внимание Д.В. Гражданкин с соавторами (Подковыров и др., 2011).

Эдиакарские мягкотелые организмы выявлены в усть-пинежской свите и в ергинских слоях мезенской свиты Юго-Восточного Беломорья (Вендская..., 1985а, 1985б и др.). Трубочатые образования животного происхождения *Calyptrina striata* Sokolov обнаружены на Онежском п-ове, в лямицких слоях усть-пинежской свиты (Bobrovskiy et al., 2022). В верховских слоях усть-пинежской свиты распространены проблематики *Orbisiana simplex* Sokolov, emend. Kolesnikov, Liu, Danelian et Grazhdankin (Бурзин, Кузьменко, 2000; Kolesnikov et al., 2018). Из скважин Архангельской области известны находки трубок *Saagina kirsanovi* Gnilovskaya (скв. Малиновка, гл. 360 м) и *Calyptrina striata* (скв. Обозерская-1, гл. 303.5). По разным литературным данным, эти ископаемые организмы приурочены к усть-

пинежской свите (Вендская..., 1985а, табл. XX, с. 205; Гниловская, 1996, рис. 1, д, е; Соколов, 1997, табл. XIV, фиг. 4) или ергинским слоям мезенской свиты (Вендская..., 1985б, с. 75, рис. 19). Из редкинского горизонта Лешуконского прогиба Мезенской синеклизы (скв. Лешуконская-1, инт. 2106–2102 м) описаны лентовидные фрагменты *Mezenia kossovoyi* Sokolov (Соколов, 1997).

Дополняют палеонтологическую характеристику усть-пинежской свиты не известные за пределами региона макроскопические водоросли *Archyfasma Gnilovskaya*, орнаментированные выростами-бугорками. Первый вид *Archyfasma dimera* Leonov описан М.В. Леоновым (Леонов, 2007) из нижней части лямецких слоев, вскрытых в обнажении около устья р. Лямца на южном берегу Белого моря. Второй таксон *Archyfasma dimera Gnilovskaya* обнаружен выше по разрезу, в архангельских слоях усть-пинежской свиты скв. Илос-776 (инт. 1187–1185 м) (Гниловская, 2003). Из верхней части лямецких слоев описаны ветвящиеся от узла в основании водоросли *Eoholinia fruticulosa* A. Istchenko (Леонов, 2007; Leonov, Ragosina, 2007). Представители вида *Eoholinia fruticulosa* известны из ярышевской свиты редкинского горизонта Подолии Украины (Гниловская и др., 1988).

По комплексам микрофоссилий усть-пинежская свита отнесена к редкинскому горизонту, а мезенская свита – к котлинскому горизонту (Сиверцева, Станковский, 1979, 1982; Сиверцева и др., 1981; Рагозина, 1984; Вендская..., 1985а). Определения микрофоссилий проводились преимущественно в 1970–1980-е годы и в значительной мере устарели. Из усть-пинежской свиты были описаны акритархи рода *Leiosphaeridia* Eisenack, emend. Downie et Sarjeant (отнесенные к невалидным в настоящее время родам *Asperatopsophosphaera*, *Favosphaeridium*, *Kildinella*, *Leiminuscula*, *Stictosphaeridium*, *Trachysphaeridium*, *Protosphaeridium*), нитчатые микрофоссилии *Siphonophycus* Schopf, emend. Knoll, Swett et Mark (ранее идентифицированные как *Leiotrichoides*), *Oscillatoriopsis* Schopf, emend. Knoll et Golubic, emend. Knoll, Swett et Mark, emend. Butterfield, *Oscillatoriopsis magna* Tunni et Donner, спирально-вернутые формы *Obruchevella parva* Reitlinger, emend. Burzin (определенные в ранних работах как *Volyniella valdaica* Assejeva), пучки трихомов *Polytrichoides lineatus* Hermann и некоторые другие таксоны (Сиверцева и др., 1981; Рагозина, 1984; Вендская..., 1985а; Микрофоссилии..., 1989; Leonov, Ragosina, 2007). В усть-пинежской свите скв. Кепина-775 (инт. 740–510.6 м) и в разрезах №№ 9522, 9506 (по Д.В. Гражданкину) на Зимнем берегу Белого моря обнаружены колонии *Tunnia precambrica* (Tunni et Donner), emend. Burzin (Бурзин, 1997).

“Котлинский” набор таксонов из мезенской свиты включал виды рода *Leiosphaeridia* (определенные ранее как *Leiosphaeridia*, *Trachysphaeridium*, *Leiminuscula*, *Stictosphaeridium*), *Obruchevella parva* (*Volyniella valdaica*), *Siphonophycus* sp. (*Leiotrichoides* sp.), *Pomorja*

rhomboidalis (Siverzeva), Siverzeva и др. (Сиверцева и др., 1981). В целом выявленные в усть-пинежской и мезенской свитах ассоциации микрофоссилий близки по таксономическому составу и представлены преимущественно видами широкого стратиграфического распространения. Исключение составляют микрофоссилии *Tynnia precambrica* и *Oscillatoropsis magna*, являющиеся характерными представителями редкинских биот Восточно-Европейской платформы (ВЕРП), и *Pomoria rhomboidalis*, диапазон распространения которой ограничен редкинским–котлинским горизонтами. Анализ стратиграфического распространения последних трех таксонов приведен ниже.

В унифицированной схеме не были учтены находки раннекембрийских трубок *Sabellidites cambriensis* Yanishevsky в падунской свите, вскрытой скважиной в среднем течении р. Северная Двина, у дер. Нижняя Тойма (Иголкина, 1961). Падунская свита по положению в разрезе и литологическим критериям была отнесена к венду (Верхний..., 1986).

Свиты в принятой схеме расчленяются на ряд слоев (Станковский и др., 1981; Вендская..., 1985б) или, как принято в последней легенде к геологическим картам, подсвит (Астафьев и др., 2012). При этом перевод слоев в подсвиты в работе Б.Ю. Астафьева и др. (2012) не был аргументирован.

Полученные в последние годы новые литологические, фациально-генетические, палеонтологические и изотопно-геохронологические данные позволили предложить другие варианты расчленения отложений Юго-Восточного Беломорья. В основу схем, разработанных М.Б. Бурзиным, Ю.Т. Кузьменко (2000) и Д.В. Гражданкиным (Гражданкин, 2003), легла неопубликованная рабочая схема, приведенная в производственном отчете Э.А. Кальберг и Г.К. Фрумкиной в 1950 г. (рис. 1). Объем свит в предложенных схемах был заметно изменен (в некоторых случаях в два раза) относительно заявленного в производственном отчете и принятого в последней унифицированной схеме (Гражданкин, 2003, рис. 1). Однако по Стратиграфическому кодексу (Стратиграфический..., 2019, с. 56, ст. XII.10) “при изменении объема стратиграфического подразделения его название сохраняется в том случае, если это изменение не превышает одной трети стратиграфического состава данного подразделения”. Приведенные данные требуют уточнения корректности выделения местных подразделений. Кроме того, из состава усть-пинежской свиты в схеме Д.В. Гражданкина была выведена базальная пачка тамецких песчаников, которая по литологическим характеристикам была отнесена к рифею (Гражданкин, 2003).

Для вулканических пеплов усть-пинежской и мезенской свит Юго-Восточного Беломорья было получено несколько U–Pb датировок (рис. 1), что позволило обосновать границы местных и региональных стратонов (Martin et al., 2000; Grazhdankin, 2014; Гражданкин, Маслов, 2015; Yang et al., 2021). Новые изотопно-геохронологические данные

имеют важное научное значение и могут быть включены в Региональную стратиграфическую схему венда Восточно-Европейской платформы нового поколения. Не менее значимым является перевод падунской свиты в нижний кембрий на основании находок илороющих организмов *Diplocraterion* (Алексеев и др., 2005; Гражданкин, Краюшкин, 2007), а также увеличение объема редкинского горизонта за счет включения в него отложений нижней части ергинской свиты (нижняя часть мезенской свиты в унифицированной схеме 1986 г.) (Grazhdankin, 2014).

Еще один вариант местной стратиграфической схемы предложен в работах А.С. Алексеева, Н.Б. Кузнецова и соавторов (Алексеев и др., 2005, 2022; Кузнецов и др., 2015) (рис. 1). В этой схеме падунская и усть-пинежская свиты переведены в ранг серий, при этом стратиграфический объем усть-пинежской серии сокращен в три раза относительно принятой схемы (Кузнецов и др., 2015). Однако по существующим правилам изменение объема подразделения более чем на одну треть от изначального объема ведет к упразднению названия этого стратона (Стратиграфический..., 2019, с. 56, ст. XII.10). В составе падунской серии А.С. Алексеевым и др. (2005) первоначально было выделено три толщи, которые затем были переведены в свиты – золотицкую, нюгусскую, брусовскую (Алексеев и др., 2022). Стратотип нюгусской свиты установлен в разрезе скв. АЛ318к (инт. 185.0–100.5 м), а брусовской свиты – в скв. АЛ308к (инт. 198.0–17.5 м) Юрско-Двинской площади, в районе рек Большая и Малая Юра, юго-восточнее г. Архангельска. В этих скважинах отсутствуют подстилающие и перекрывающие падунскую серию толщи, а нижняя золотицкая и верхняя брусовская свиты представлены не в полном объеме (Алексеев и др., 2022, рис. 2, 3). Золотицкой свите соответствуют выделенные ранее золотицкие слои, развитые на Беломорско-Кулойском плато, в среднем течении р. Золотица. Стратотип золотицкой свиты не установлен. В средней–верхней частях нюгусской свиты обнаружены трубчатые образования *Sabellidites cambriensis*, *Platysolenites antiquissimus* Eichwald и следы зарывания *Diplocraterion*, *Skolithos*. Ихнофоссилии *Diplocraterion parallelum* Torell, *Diplocraterion*, *Skolithos* также известны из вышележащих отложений брусовской свиты. Эти находки позволили А.С. Алексееву и др. (2022) отнести падунскую серию к нижнему кембрию.

Исходя из всего сказанного, в настоящей работе мы принимаем усть-пинежскую свиту в объеме, принятом в унифицированной схеме 1986 г. (Верхний..., 1986). Этот вариант представляется нам наименее противоречивым и в большей степени соответствует требованиям Стратиграфического кодекса. Выделенная выше по разрезу “мезенская” свита приведена в кавычках. Мы предполагаем, что это название должно быть упразднено. Замену названия “мезенская” свита на ергинская свита (Гражданкин, 2003) считаем не вполне удачной. В предложенной Д.В. Гражданкиным схеме стратиграфический объем ергинской

свиты увеличен в два раза относительно заявленного ранее объема ергинских слоев, что также требует упразднения этого названия (Стратиграфический..., 2019, с. 56, ст. XII.10). Возможно, для этой части разреза следует предложить новое название либо выделить две свиты, соответствующие по стратиграфическому объему ергинским и мельским слоям. Последнее вполне может быть оправданно, если в результате дополнительных исследований окажется, что ергинские и мельские слои имеют разный возраст либо относятся к двум разным седиментационным циклам. Учитывая то, что мельские слои сложены преимущественно красноцветными породами, основной акцент палеонтологических исследований должен быть направлен на поиск ихнофоссилий, обильные находки которых известны из вышележащей падунской свиты. Мы также пока оставляем название “падунская” свита, но приводим его в кавычках. “Падунская” свита, так же как и недавно выделенная на этом стратиграфическом уровне новая золотицкая свита, не имеет стратотипов, что требует поиска новых опорных разрезов, которые позволят установить лектостратотипы местных подразделений.

Ниже в работе приведены новые палеонтологические и изотопно-геохронологические данные для терригенных отложений венда скв. Кепина-775.

БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЕЗА СКВ. КЕПИНА-775

Материал и методика изучения ископаемых организмов

Для микропалеонтологического исследования было отобрано 13 образцов из сероцветных, зеленоцветных аргиллитов и алевролитов усть-пинежской и нижней части “мезенской” свит скв. Кепина-775. Верхняя большая часть “мезенской” свиты сложена преимущественно красноцветными терригенными породами, неблагоприятными для поиска микрофоссилий. Все пробы прошли обработку в концентрированной плавиковой (HF) и 10%-ной соляной (HCl) кислотах по методике, разработанной, а впоследствии усовершенствованной в ИГГД РАН (Герман, 1974; Голубкова и др., 2021б). Полученный органомацерат был изучен под биноклем Bresser Advance ICD. Органические остатки отбирали пипеткой на предметное стекло и консервировали полиэстером Eukitt. Дальнейшее изучение и фотографирование микрофоссилий проводилось под биологическим микроскопом AxioScope.A1 (Carl Zeiss) с использованием камеры AxioCam MRc5. Дополнительно было проведено изучение макроскопических ископаемых организмов, отобранных в 1990-е годы из скв. Кепина-775 (сборы М.Б. Гниловой). Коллекции макрофоссилий (коллекция № АО-1990-775) и постоянных палинологических препаратов,

содержащих микрофоссилии (коллекция № АО-2023-775), хранятся в Лаборатории литологии и биостратиграфии ИГГД РАН.

Микро- и макроскопические ископаемые организмы обнаружены в нижней части разреза скв. Кепина-775, в интервале 935–485.2 м (рис. 2).

*Литологическое расчленение и вертикальное распространение
ископаемых организмов в разрезе скв. Кепина-775*

Местные стратиграфические подразделения в Юго-Восточном Беломорье выделяются по литологическим признакам, смене окраски пород, а также присутствию трех туфогенных прослоев в лямицких, верховских и вайзицких слоях усть-пинежской свиты. Вайзицкие слои не всегда распознаются в разрезах скважин (например, скв. Степановка-773 и Илос-776). Для большинства глубоких скважин выполнена серия геофизических исследований, включающих ГК (гамма-каротаж), КС (каротаж сопротивления), КМВ (каротаж магнитной восприимчивости), АК (акустический каротаж), что в комплексе с прямым изучением керна позволяет более корректно расчленять венд-кембрийские отложения.

В скв. Кепина-775 верхневендские отложения с размывом залегают на породах фундамента и несогласно перекрываются нижнекембрийскими толщами “падунской” свиты (рис. 2). В разрезе скважины выделяются (снизу вверх):

Усть-пинежская свита (мощность 487.3 м). Название свиты дано по пос. Усть-Пинега, Архангельская область (Стратиграфический..., 1994). Стратотип свиты установлен в инт. 826.15–519.7 м скв. Усть-Пинега. В составе усть-пинежской свиты выделены две ритмично сложенные и трансгрессивно построенные подсвиты. В основании каждого ритма залегают базальный горизонт сероцветных песчаников с прослоями алевролитов, которые выше по разрезу перекрываются толщей переслаивания пестроцветных алевролитов и аргиллитов (рис. 2). Для нижней подсвиты усть-пинежской свиты характерны высокие значения магнитной восприимчивости, которые составляют до $70\text{--}100 \times 10^{-6}$ ед. СИ (скв. Светлая-570, Чидвия-770, Ижмозерская-771, Верхняя Кепина-772, Золотица-774, Кепина-775). Этот же параметр для верхней подсвиты усть-пинежской свиты и “мезенской” свиты изменяется в пределах $10\text{--}40 \times 10^{-6}$ ед. Полученные данные подтверждаются результатами температурного размагничивания пород, что в целом указывает на разные окислительно-восстановительные условия формирования нижней и верхней частей вендского разреза.

Нижняя подсвита усть-пинежской свиты (мощность 214.6 м) сложена тамбицкими, лямицкими и архангельскими слоями (рис. 2). В отличие от предлагаемых ранее разбивок (Бурзин, Виноградов, 2004), объем архангельских слоев сокращен за счет включения верхней пачки переслаивания песчаников и алевролитов в верховские слои.

Тамицкие слои (мощность 29.5 м). Песчаники светло-серые, средне- и крупнозернистые, полевошпат-кварцевые, с прослоями серо-зеленых и коричневых алевролитов.

Лямыцкие слои (мощность 7.5 м). Пачка переслаивания светло-зеленых и темно-коричневых, параллельно- и тонкослоистых плотных аргиллитов.

Архангельские слои (мощность 177.6 м). Аргиллиты с прослоями алевролитов. Аргиллиты зеленые, серо-зеленые, плотные, параллельно-слоистые. Местами отмечаются кристаллы пирита. Алевролиты зеленые, серо-зеленые, с пластинчатой отдельностью и примесью слюды.

В архангельских слоях (инт. 848.4–827.5 м) обнаружены транзитные гладкостенные сфероморфные акритархи *Leiosphaeridia crassa* (Naumova), emend. Jankauskas, *L. jacutica* (B.V. Timofeev), emend. Mikhailova et Jankauskas (табл. I, фиг. 2), *L. minutissima* (Naumova), emend. Jankauskas (табл. I, фиг. 5), *L. tenuissima* Eisenack (табл. I, фиг. 3), образующие скопления мелко- и среднеразмерные цианобактерии (диаметр трихома 5–25 мкм) *Oscillatoriosis* sp. (табл. I, фиг. 6), предполагаемые цианобактерии бесклеточного строения *Siphonophycus* sp., неопределимые пучки нитчатых водорослей и органические пленки. На гл. 827.5 м обнаружен один экземпляр нитчатой формы, на поверхности которой распознается не явно выраженная ромбическая штриховка (табл. II, фиг. 7). Эта форма под вопросом отнесена к роду *Pomoria* Siverzeva et Jankauskas.

Таблица I. Редкинские микрофоссилии.

Таблица II. Редкинские микрофоссилии.

В инт. 838.6–835.2 м выявлены неизвестные ранее многократно и нерегулярно ветвящиеся образования, отнесенные к Gen. et sp. indet 2 (табл. III, фиг. 1–4). Микрофоссилии сохраняются в виде отдельных фрагментов, в том числе зафиксированных на органических пленках (табл. III, фиг. 1, 3а, 4). Подобный план строения характерен для мицелия низших грибов. На этом стратиграфическом уровне также распространены крупные (500–1000 мкм) одиночные нитчатые микрофоссилии (табл. III, фиг. 5, 6). По органическим пленкам и нитчатым микрофоссилиям развиты сфероморфные образования двух типов. К первому типу отнесены относительно крупные (20–30 мкм) сферические, овальные и двоянные оболочки, возможно находящиеся в стадии деления (табл. III, фиг. 6б-1, 6в-1). Второй тип микрофоссилий представлен скоплениями мелких (около 10 мкм) форм,

состоящих из более плотного “внутреннего тела” или сколлапсированного органического вещества и внешней тонкой оболочки (табл. III, фиг. 6б-2).

Таблица III. Редкинские микрофоссилии.

Макроскопические ископаемые организмы представлены двумя нитевидными формами с булавовидными окончаниями (табл. IV, фиг. 8) и фрагментом линейно вытянутого организма с характерным сосочковидным окончанием (табл. IV, фиг. 7). Последний таксон отнесен к Gen. et sp. indet 1.

Таблица IV. Редкинские макроскопические ископаемые организмы.

Верхняя подсвита усть-пинежской свиты (мощность 272.7 м) сложена верховскими, сюзьминскими, вайзицкими и зимнегорскими слоями (рис. 2).

Верховские слои (мощность 45 м). В нижней части интервала залегают песчаники с прослоями алевролитов, которые выше по разрезу переходят в аргиллиты. Песчаники серые, мелкозернистые, кварцевые, цемент карбонатный порового типа. Алевролиты серо-зеленые, с примесью слюды. Аргиллиты зеленые, коричневые, горизонтально- и тонкослоистые, с прослоями (0.1–4 см) пепловых туфов светло-зеленого и красно-сиреневого цвета.

В верховских слоях (инт. 734.1–734 м) обнаружены единичные микрофоссилии *Leiosphaeridia tenuissima*, неопределимые пучки трихомов, органические пленки и макроскопические остатки *Palaeopascichnus Palij* (рис. 2; табл. IV, фиг. 2). Дополняют микропалеонтологическую характеристику разреза скв. Кепина-775 сферические колонии *Tynnia presambrica*, описанные М.Б. Бурзиным (1997) из инт. 740–510.6 м и обнаруженные нами в вышележащих зимнегорских слоях (рис. 2).

Сюзьминские слои (мощность 7.8 м). Аргиллиты серо-зеленые, светло-коричневые, горизонтально- и тонкослоистые.

Вайзицкие слои (мощность 26.2 м). Аргиллиты серо-зеленые, светло-коричневые, темно-коричневые, тонкослоистые, в подошве с прослоями (0.1–3 см) туфов светло-зеленого и красно-сиреневого цвета.

Зимнегорские слои (мощность 193.7 м). Пачка переслаивания аргиллитов и алевролитов с единичными прослоями песчаников. Аргиллиты серо-зеленые, голубовато-зеленые, линзовидно-слоистые, реже параллельно-слоистые, с мелкими кристаллами пирита. Алевролиты темно-зеленые, реже светло-коричневые, тонкослоистые. Песчаники серые,

мелкозернистые, полевошпат-кварцевые с примесью слюды. В инт. 618–590 м породы содержат карбонатный цемент.

Максимальное разнообразие ископаемых организмов выявлено в зимнегорских слоях, инт. 677–539 м (рис. 2). Микрофоссилии представлены акритархами *Leiosphaeridia jacutica*, *L. minutissima*, *L. tenuissima*, колониями *Tynnina precamblica* (табл. I, фиг. 4), нитчатыми микрофоссилиями *Palaeolyngbya Schopf, emend Butterfield, Knoll et Swett* (табл. II, фиг. 8), *Siphonophycus sp.* и крупными (60–90 мкм) цианобактериями *Oscillatorioropsis magna* (табл. II, фиг. 3), *Striatella coriacea Assejeva* (табл. II, фиг. 1, 2, 4, 5). Массовое распространение *Striatella*, *Oscillatorioropsis* и *Palaeolyngbya* отмечается в инт. 580–579 м. На этом уровне также обнаружены трихомы, распадающиеся на отдельные гормогонии (табл. II, фиг. 4), что указывает на их размножение.

В образце, отобранном в инт. 671–668 м, встречена неидентифицированная крупная оболочка, орнаментированная редкими, нерегулярно расположенными выростами (табл. I, фиг. 1). Окончание выростов плавно закругленное. Похожий план строения имеет форма, обнаруженная нами в могилевской свите редкинского горизонта Подолии Украины (Golubkova et al., 2023, pl. 1, fig. 3). На этом уровне также найден один экземпляр нитчатой водоросли, предположительно ветвящейся от узла в основании (табл. I, фиг. 9).

Выше по разрезу, в инт. 547–542 м, обнаружено несколько фрагментов водорослей с ветвлением. Качество сохранности материала не позволяет проанализировать морфологию этих ископаемых организмов. Выявленные формы отнесены под вопросом к роду *Eoholynia Gnilovskaya*. В верхней части усть-пинежской свиты распространены нитчатые микрофоссилии *Zinkovioides Hermann* (табл. I, фиг. 7) и сферические образования черного цвета, образующие скопления на органических пленках (табл. I, фиг. 8). Исследования близких по морфологии форм на электронном микроскопе из разрезов редкинского горизонта Восточно-Европейской платформы (Голубкова и др., 2021б; Golubkova et al., 2023 и др.) показали, что нитчатые и сферические образования содержат кристаллы пирита. Эти микрофоссилии сопоставляются М.Б. Бурзиным (1998) с серными бактериями – деструкторами. В составе органомацерата образцов, отобранных в инт. 677–542 м, присутствовал рассеянный пирит, что указывает на восстановительные условия в осадке.

Характерными представителями зимнегорской биоты являются макроскопические трубки *Calyptrina striata Sokolov* (табл. IV, фиг. 3–5). Спорадически встречаются крупные (табл. IV, фиг. 6, до 1 мм в диаметре) и мелкоразмерные (табл. IV, фиг. 5б, до 150 мкм в диаметре) лентовидные, не ветвящиеся нитчатые водоросли и пиритизированные органические пленки. В инт. 671–668 м обнаружены линейно вытянутые, многорядные кольцевидные образования *Orbisiana aff. simplex Sokolov, emend Kolesnikov, Liu, Danelian et*

Grazhdankin (табл. IV, фиг. 1) и распространенные по поверхности субстрата колонии кольцевых структур, отнесенные к роду *Orbisiana Sokolov*.

“*Мезенская*” свита (мощность 209.3 м). Название свиты дано по р. Мезень Архангельской области (Стратиграфический..., 1994). Свита выделена в 1986 г. без указания стратотипа (Верхний..., 1986, с. 30–31). Термин имеет старший гомоним в верхнем палеозое того же района (Стратиграфический..., 1977, с. 255). “Мезенская” свита несогласно залегает на усть-пинезской свите и по литологическим признакам расчленяется на ергинские и мельские слои.

Ергинские слои (мощность 113.9 м). Переслаивание песчаников, алевролитов и аргиллитов. Песчаники коричневато-серые, реже бледно-зеленые, мелкозернистые, полевошпат-кварцевые с примесью слюды, цемент карбонатно-железисто-глинистый. Алевролиты темно-коричневые, реже красно-коричневые, массивные, тонкослоистые, с пластинчатой отдельностью и полосами осветления по напластованию. Аргиллиты темно-коричневые, синевато-зеленые, тонко- и линзовидно-слоистые.

Отложения “мезенской” свиты содержат единичные таксоны. На гл. 485.2 м обнаружены акритархи *Leiosphaeridia minutissima*, *L. tenuissima*, нитчатые микрофоссилии *Siphonophycus* sp., *Oscillatoriopsis* sp., предполагаемые нитчатые (*Zinkovioides* sp.) и колониальные серные бактерии и органические пленки. Эти формы проходят из отложений усть-пинезской свиты. В органомацерате присутствовал пирит.

Выше по разрезу, на гл. 458.5 м, микрофоссилии не выявлены. Образец был отобран из пачки бордовых аргиллитов и алевролитов с единичными прослоями сероцветных аргиллитов.

Мельские слои (мощность 95.4 м). Переслаивание песчаников, аргиллитов и алевролитов. Песчаники серо-коричневые, мелкозернистые, кварцевые с примесью слюды и карбонатного цемента. В подошве песчаники бледно-зеленые, тонкослоистые, полевошпат-кварцевые. Аргиллиты красно-коричневые, коричневато-кирпичные, в кровле слабо брекчированные. Алевролиты красно-коричневые, вишнево-коричневые, тонкослоистые с зонами осветления.

“*Падунская*” свита (мощность 244.4 м). Название свиты дано по р. Падун Архангельской области (Стратиграфический..., 1994). Стратотип свиты не указан (Верхний..., 1986, с. 31). В разрезе скв. Кепина-775 вскрыта нижняя часть “падунской” свиты – золотицкие слои. Свита сложена серо-коричневыми мелкозернистыми кварцевыми песчаниками с единичными прослоями красно-коричневых алевролитов. Цемент карбонатно-глинистый контактово-порового типа. Песчаники содержат до 1% слюды, ориентированной

параллельно плоскостям напластования. “Падунская” свита со стратиграфическим несогласием перекрывается песчаниками урзутской свиты среднего карбона.

*Анализ стратиграфического распространения
выявленных ископаемых организмов*

За пределами изученного региона крупные цианобактерии *Striatella coriacea* обнаружены в гаврилов-ямской, непейцинской и макарьевской свитах редкинского горизонта Московской синеклизы России (Вендская..., 1985а; Микрофоссилии..., 1989; Стратиграфическая..., 1996). На территории Беларуси виды *Striatella coriacea*, *Oscillatorioropsis magna* известны из селявской свиты Латвийской седловины (Голубкова и др., 2022) и черницкой свиты Оршанской впадины (Голубкова и др., 2021б) редкинского горизонта. Также их находки отмечаются в разрезах редкинского горизонта Подолии Украины и Молдавии (Асеева, Великанов, 1983; Вендская..., 1985б; Соколов, 1997).

Колонии *Tynnia presambrica* являются характерными представителями редкинских биот Восточно-Европейской платформы. Они найдены в старорусской свите Ленинградской области России, селявской, черницких свитах севера Беларуси (Голубкова и др., 2021б, 2022), ярышевской свите Подолии Украины (Śröder et al., 2023). Колониальные формы, близкие к *Tynnia presambrica*, обнаружены недавно в эдиакарии Финляндии (Willman, Slater, 2021).

Нитчатые микрофоссилии с ромбической штриховкой *Rhomogia rhomboidalis* широко распространены в котлинском горизонте ВЕП. Они известны из скважин Московской синеклизы (Стратиграфическая..., 1996) и Лужско-Ладужской моноклинали (Голубкова и др., 2020) России, Латвийской седловины севера Беларуси (Голубкова и др., 2022), юго-запада Украины (Стратиграфія..., 2013), скв. Нарва Эстонии и скв. Балтанова Латвии (Волкова и др., 1979; Вендская..., 1985а). На территории Беларуси микрофоссилии *Rhomogia rhomboidalis* также обнаружены в нижележащих отложениях редкинского горизонта (Махнач и др., 2005; Пискун, 2013). В Архангельской области представители *Rhomogia rhomboidalis* известны из ергинских слоев “мезенской” свиты скв. 235, 247, 271 (Вендская..., 1985а). Форма, близкая к роду *Rhomogia*, обнаружена нами в усть-пинежской свите (настоящая работа).

Предполагаемые серные бактерии *Zinkovioides* описаны из редкинского горизонта ярышевской свиты Украины (Вендская..., 1985а; Соколов, 1997), гаврилов-ямской свиты Московской синеклизы (Стратиграфическая..., 1996; Бурзин, 1998), старорусской свиты Ленинградской области (Голубкова и др., 2018, 2021а) и селявской, черницкой свит севера Беларуси (Голубкова и др., 2021б, 2022).

Макроскопические водоросли *Eoholynia mosquensis* Gnivolovskaya и трубки *Calyptrina striata* известны из редкинского горизонта Московской синеклизы (Гниловская и др., 1988; Гниловская, 1996; Стратиграфическая..., 1996; Соколов, 1997). Кольцевидные колонии рода *Orbisiana* обнаружены в гаврилов-ямской свите редкинского горизонта Московской синеклизы, в редкинском горизонте севера, северо-запада европейской части России (Стратиграфическая..., 1996; Соколов, 1997; Голубкова и др., 2018, 2021a; Kolesnikov et al., 2018) и в эдиакарии Южного Китая (Wan et al., 2014). Остальные таксоны имеют более широкий стратиграфический интервал распространения.

Таким образом, в отложениях усть-пинезской свиты скв. Кепина-775 достаточно уверенно распознается редкинская ассоциация ископаемых организмов, тогда как “мезенская” биота представлена преимущественно транзитными микрофоссилиями. В зимнегорских слоях усть-пинезской свиты и в ергинских слоях “мезенской” свиты обнаружены предполагаемые серные бактерии *Zinkovioides*, характерные для редкинского горизонта Восточно-Европейской платформы, а также отдельные кристаллы пирита, что указывает на восстановительные условия в осадке.

Rb–Sr ИЗОТОПНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ИЛЛИТА

Аргиллиты, как правило, включают смесь детритовых и аутигенных генераций иллита, образованных в разное время и различных по составу (Gorokhov et al., 1994; Горохов, 1996; Clauer, Chaudhuri, 1995). Детритовая генерация представляет собой продукты области размыва, а аутигенные генерации образуются на различных стадиях диагенеза осадка (Gorokhov et al., 1994; Горохов и др., 2002, 2007, 2019). Это позволяет определять возраст той или иной генерации иллита при условии выделения ее в качестве конечного члена глинистой смеси.

В работе проведено минералого-кристаллохимическое и Rb–Sr изотопно-геохронологическое изучение образца аргиллита, отобранного из архангельских слоев усть-пинезской свиты скв. Кепина-775 (инт. 792–793 м). Из породы была выделена двухмикронная глинистая фракция, которая была разделена на несколько более мелких глинистых субфракций (СФ): 1–2, 0.6–1, 0.3–0.6, 0.2–0.3, 0.1–0.2 и <0.1 мкм. Анализ минералогических данных показал, что “мелкозернистые” СФ (0.2–0.3, 0.1–0.2 и <0.1 мкм) состоят преимущественно из иллит-сметита политипной модификации $1M_d$ с примесью $1M$ иллита и хлорита. Относительно “крупнозернистые” СФ (1–2, 0.6–1, 0.3–0.6 мкм) представлены $1M$ иллитом с незначительной примесью детритового $2M_1$ иллита и хлорита. Стандартизированный индекс кристалличности Кюблера (CIS) иллит-сметита

“мелкозернистых” СФ увеличивается с уменьшением размера частиц от 1.56° до 1.98° и в целом характерен для зоны диагенеза-катагенеза.

Выделенные СФ обрабатывали 1N HCl, а полученные триплеты (необработанная СФ – кислотная вытяжка – остаток от выщелачивания) изучали Rb–Sr методом по стандартной методике, разработанной в ИГГД РАН (Горохов и др., 2002, 2019). Содержания изотопов Rb и Sr, а также их отношения приведены в табл. 1.

Таблица 1. Rb–Sr аналитические данные и Rb–Sr изохронный возраст тонкозернистых субфракций иллита, выделенных из аргиллита усть-пинежской свиты

В СФ по мере уменьшения размеров частиц от 1–2 до <0.1 мкм, доля Rb, переходящего в кислотную вытяжку, увеличивается от 0.94 до 1.54%, как и доля Sr – от 15.32 до 61.65%. Наблюдается плавное изменение содержаний элементов с уменьшением размера частиц СФ: в необработанной СФ содержание Sr уменьшается от 113 до 45 мкг/г (здесь и далее содержания указаны в расчете на 1 г необработанной СФ), а Rb увеличивается от 107 до 169 мкг/г.

Изотопные отношения в необработанных СФ и остатках от выщелачивания также плавно меняются с уменьшением размера частиц. В необработанных СФ отношение $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ увеличивается от 2.749 до 10.123, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – от 0.73989 до 0.78034; в остатках от выщелачивания – отношение $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ увеличивается от 3.231 до 26.007, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ – от 0.74467 до 0.88473. В координатах $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ – $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $1/\text{Sr}$ – $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ расположения точек необработанных СФ и силикатных остатков близки к линейным (рис. 3а, 3б). Для “крупнозернистых” СФ также наблюдается плавное изменение значений первичных отношений ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)₀ от 0.7129 (СФ 1–2 мкм) до 0.7160 (СФ 0.3–0.6 мкм) (рис. 3в). Возрасты, вычисленные из наклонов “внутренних Rb–Sr изохрон” (рис. 4), постепенно уменьшаются от 689 млн лет для СФ 1–2 мкм до 457 млн лет для СФ <0.1 мкм.

Рис. 3. Зависимость отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ от величин $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (а) и $1/^{86}\text{Sr}$ (б) для глинистых остатков разноразмерных глинистых субфракций, выделенных из аргиллита усть-пинежской свиты; (в) зависимость первичных отношений ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)₀, вычисленных для “внутренних изохрон” (рис. 4), от размера глинистых частиц в субфракциях.

Рис. 4. Возраст глинистых субфракций иллита из архангельских слоев усть-пинежской свиты, вычисленный на основе “внутренних изохрон” для необработанных СФ (W), ацетатных вытяжек (L) и остатков после выщелачивания (R).

Совокупность этих зависимостей позволяет предполагать, что силикатные остатки от выщелачивания “мелкозернистых” СФ образованы смесью двух низкотемпературных генераций иллита с различающимися концентрациями радиоактивных и радиогенных элементов и соответствующими изотопными отношениями (рис. 3). В “крупнозернистых” СФ силикатные остатки от выщелачивания также представляют собой двухкомпонентную смесь. В одном из конечных членов этой смеси (СФ 0.3–0.6 мкм), представленном преимущественно диагенетическим 1М иллитом, присутствует незначительная примесь детритового 2М₁ иллита. Это не позволяет считать изохронную Rb–Sr датировку 565 ± 9 млн лет реальным возрастом диагенеза осадков усть-пинежской свиты, однако дает возможность оценить максимальный возрастной предел накопления этой толщи. Изохронный возраст конечного члена “мелкозернистой” смеси (СФ 0.2–0.3 мкм), в котором доминирует 1М_d иллит, сформировавшийся, по-видимому, на более позднем этапе литогенеза, составляет 539 ± 10 млн лет ($(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0.7150$, СКВО = 1.9) и показывает минимальный возрастной предел стадии диагенеза погружения. Rb–Sr возраст самой “мелкозернистой” СФ <0.1 мкм составляет 457 ± 6 млн лет и, вероятно, отражает эпигенетические преобразования осадка в позднепалеозойское время.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе проведена ревизия унифицированной и предлагаемых новых местных стратиграфических схем переходных отложений венда–кембрия Юго-Восточного Беломорья, намечены пути по их модернизации, уточнено литологическое расчленение разреза скв. Кепина-775, обновлена палеонтологическая характеристика верхневендской части этого разреза, а также получены новые Rb–Sr изотопно-геохронологические данные для глинистых пород усть-пинежской свиты.

Обедненные ассоциации ископаемых организмов выявлены в архангельских и верховских слоях усть-пинежской свиты и в “мезенской” свите скв. Кепина-775. В ассоциации с транзитными микрофоссилиями в нижней подсвите усть-пинежской свиты обнаружены новые, не известные ранее грибоподобные организмы (табл. III, фиг. 1–4), а также не идентифицированные пока макроскопические ископаемые остатки (табл. IV, фиг. 7, 8). Относительно богатая редкинская биота установлена в зимнегорских слоях усть-пинежской свиты. В ее составе были определены: *Striatella coriacea*, *Oscillatoriopis magna*, *Zinkovioides*, *Calyptina striata*, *Orbisiana* и некоторые другие таксоны. Редкинский вид-индекс *Tynnina precamblica* имеет более широкое стратиграфическое распространение в

разрезах скв. Кепина-775. Он обнаружен в верхней подсвите усть-пинежской свиты (Бурзин, 1997; настоящая работа).

Эдиакарские мягкотелые организмы распространены в усть-пинежской свите и в ергинских слоях “мезенской” свиты Юго-Восточного Беломорья. В стратотипических разрезах венда Украины находки мягкотелых организмов обнаружены в могилевской и ярышевской свитах новоднестровского (эквивалент редкинского горизонта) горизонта и не известны в вышележащих отложениях ущицкого (аналог котлинского горизонта) горизонта, охарактеризованного своим набором макро- и микрофоссилий (Вендская..., 1985а, 1985б; Стратиграфія..., 2013; Макрофоссилии..., 2015; Golubkova et al., 2023 и ссылки в этой работе). Находки в ергинских слоях эдиакарских мягкотелых организмов, унаследованный характер распространения микрофоссилий, проходящих из усть-пинежской свиты, а также присутствие серных бактерий, характерных для редкинского горизонта, и в целом восстановительные условия в осадке в переходных толщах усть-пинежской и “мезенской” свит указывают на единый этап развития бассейна в это время. Приведенные данные позволяют увеличить объем редкинского горизонта относительно принятой ранее схемы (Верхний..., 1986) до подошвы мельских слоев. Мельские слои не содержат ископаемые организмы и по положению в разрезе с равной вероятностью могут быть отнесены к редкинскому, котлинскому или раннекембрийскому возрасту. Учитывая то, что мельские слои сложены преимущественно красноцветными толщами, неблагоприятными для поиска микрофоссилий, основной акцент дальнейших исследований должен быть направлен на детальное литологическое и фациально-генетическое изучение этой части разреза, а также на поиск следов жизнедеятельности ископаемых организмов.

В образце аргиллита из архангельских слоев нижней подсвиты усть-пинежской свиты выделена генерация аутигенного 1М иллита, для которого получен Rb–Sr возраст 565 ± 9 млн лет. Эта генерация образована на ранней стадии диагенеза погружения осадка, близкого ко времени накопления отложений усть-пинежской свиты. Вычисленный возраст первой генерации аутигенного 1М иллита хорошо согласуется с биостратиграфическими данными и U–Pb датировками вулканических пеплов верховских и вайзицких слоев верхней подсвиты усть-пинежской свиты (Grazhdankin, 2014 и др.). Rb–Sr возраст “мелкозернистых” СФ (0.2–0.3, 0.1–0.2 и <0.1 мкм), сложенных преимущественно иллит-сметитами политипной модификации 1M_d, отражает стадии позднего диагенеза погружения глинистого осадка и этап эпигенетического преобразования осадка в раннепалеозойское время 540–460 млн лет назад.

Благодарности. Авторы благодарны А.В. Колесникову за помощь в фотографировании макроскопических ископаемых организмов.

Источник финансирования. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-27-00313), <https://rscf.ru/project/23-27-00313/>) с использованием оборудования ЦКП “АИРИЗ” (ИГГД РАН).

Конфликт интересов. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А.С., Реймерс А.Н. Стратиграфия нижнего кембрия Юрско-Двинской площади Юго-Восточного Беломорья (Архангельская область) // Бюлл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. Геол. 2022. Т. 97. Вып. 2. С. 3–34.

Алексеев А.С., Гражданкин Д.В., Реймерс А.Н., Минченко Г.В., Краюшкин А.В., Чернов И.Ю., Ларченко В.А., Ушаков В.Н., Степанов В.П. Новые данные о верхнем пределе рудовмещающей толщи архангельской алмазоносной провинции // Геология алмазов – настоящее и будущее (геологи к 50-летию юбилею г. Мирный и алмазодобывающей промышленности России). Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2005. С. 235–271.

Асеева Е.А., Великанов В.А. Новая находка ископаемых фитоостатков в ледовских слоях венда Подолии (верхний докембрий) // Ископаемая фауна и флора Украины. Киев: Наукова думка, 1983. С. 3–8.

Астафьев Б.Ю., Богданов Ю.Б., Воинова О.А., Воинов А.С., Журавлев В.А., Ногина М.Ю., Парамонова М.С., Пешкова И.Н., Поляков А.А., Рыбалко А.Е., Солонина С.Ф., Семенова Л.Р., Суриков С.Н., Шаров Н.В., Шкарубо С.И. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Балтийская. Лист Q 37 Архангельск. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 302 с.

Бурзин М.Б. *Tunnia* Burzin, gen. nov. – новый род вендских колониальных коккоидных органикостенных микрофоссилий // Палеонтол. журн. 1997. № 2. С. 20–28.

Бурзин М.Б. Палеобиогеография позднего венда Русской плиты // Палеогеография венда–раннего палеозоя Северной Евразии. Сб. научн. трудов. Екатеринбург: Уро РАН, 1998. С. 136–146.

Бурзин М.Б., Виноградов В.И. Преобразование вендских толщ и проблема чистых образцов // Природа. 2004. № 12. С. 10–18.

Бурзин М.Б., Кузьменко Ю.Т. Детализация стратиграфической схемы вендских отложений Мезенской синеклизы // Актуальные проблемы геологии горючих ископаемых осадочных бассейнов европейского севера России. Материалы Всероссийской конференции, 26–28 апреля 2000 г., Сыктывкар, Республика Коми. Сыктывкар, 2000. С. 39–40.

Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 1. Палеонтология. Отв. ред. Соколов Б.С., Федонкин М.А. М.: Наука, 1985а. 224 с.

Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы. Отв. ред. Соколов Б.С., Федонкин М.А. М.: Наука, 1985б. 244 с.

Верхний докембрий европейского севера СССР (Объяснительная записка к схеме стратиграфии). Ред. Дедеев В.А., Келлер Б.М. Сыктывкар: Коми филиал АН СССР, 1986. 41 с.

Волкова Н.А., Гниловская М.Б., Палий В.В. и др. Палеонтология верхнедокембрийских и кембрийских отложений Восточно-Европейской платформы. М.: Наука, 1979. 212 с.

Герман Т.Н. Из опыта извлечения крупных растительных остатков и микрофоссилий с помощью химического растворения пород // Микрофоссилии СССР. Новосибирск: Наука, 1974. С. 94–97.

Гниловская М.Б. Новые саариниды венда Русской платформы // Докл. АН. 1996. Т. 348. № 1. С. 89–93.

Гниловская М.Б. О древнейшей тканевой природе дифференциации докембрийских (вендских) водорослей // Палеонтол. журн. 2003. № 2. С. 92–98.

Гниловская М.Б., Иценко А.А., Колесников Ч.М., Коренчук Л.В., Удальцов А.П. Вендотениды Восточно-Европейской платформы. Л.: Наука, 1988. 143 с.

Голубкова Е.Ю., Кушим Е.А., Кузнецов А.Б., Яновский А.С., Маслов А.В., Шведов С.Д., Плоткина Ю.В. Редкинская биота макроскопических ископаемых организмов северо-запада Восточно-Европейской платформы (Южное Приладожье) // Докл. АН. 2018. Т. 479. № 2. С. 163–167.

Голубкова Е.Ю., Кушим Е.А., Тарасенко А.Б. Ископаемые организмы котлинского горизонта верхнего венда северо-запада Русской плиты (Ленинградская область) // Палеонтол. журн. 2020. № 4. С. 99–108.

Голубкова Е.Ю., Бобровский И.М., Кушим Е.А., Плоткина Ю.В. Ископаемые организмы редкинского горизонта верхнего венда северо-запада Русской плиты (Ленинградская область) // Палеонтол. журн. 2021а. № 5. С. 1–8.

Голубкова Е.Ю., Кузьменкова О.Ф., Кушим Е.А., Лапцевич А.Г., Плоткина Ю.В., Манкевич С.С. Распространение микрофоссилий в отложениях венда Оршанской впадины Восточно-Европейской платформы, Беларусь // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2021б. Т. 29. № 6. С. 24–38.

Голубкова Е.Ю., Кузьменкова О.Ф., Лапцевич А.Г., Кушим Е.А., Воскобойникова Т.В., Силиванов М.О. Палеонтологическая характеристика верхневендских–нижнекембрийских

отложений в разрезе скважины Северо-Полоцкая Восточно-Европейской платформы, Беларусь // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2022. Т. 30. № 6. С. 1–19.

Горохов И.М. Rb–Sr изотопная диагностика полистадийной эволюции иллита в верхнепротерозойских глинистых породах // Докл. АН. 1996. Т. 348. № 5. С. 647–651.

Горохов И.М., Мельников Н.Н., Негруца В.З., Турченко Т.Л., Кутявин Э.П. Полистадийная эволюция иллита в верхнепротерозойских аргиллитах п-ова Средний, Мурманское побережье Баренцева моря // Литология и полезн. ископаемые. 2002. № 2. С. 188–207.

Горохов И.М., Мельников Н.Н., Кузнецов А.Б., Константинова Г.В., Турченко Т.Л. Sm–Nd систематика тонкозернистых фракций нижнекембрийских “синих глин” Северной Эстонии // Литология и полезн. ископаемые. 2007. № 5. С. 536–551.

Горохов И.М., Зайцева Т.С., Кузнецов А.Б., Овчинникова Г.В., Аракелянц М.М., Ковач В.П., Константинова Г.В., Турченко Т.Л., Васильева И.М. Изотопная систематика и возраст аутигенных минералов в аргиллитах инзерской свиты Южного Урала // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2019. № 2. С. 3–30.

Гражданкин Д.В. Строение и условия осадконакопления вендского комплекса Юго-Восточного Беломорья // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2003. Т. 11. № 4. С. 3–23.

Гражданкин Д.В., Краюшкин А.В. Ископаемые следы жизнедеятельности и верхняя граница венда в Юго-Восточном Беломорье // Докл. АН. 2007. Т. 416. № 4. С. 514–518.

Гражданкин Д.В., Маслов А.В. Место венда в международной стратиграфической шкале // Геология и геофизика. 2015. Т. 56. № 4. С. 703–717.

Иголкина Н.С. О возможности выделения Балтийского комплекса нижнего кембрия на севере Русской платформы // Информ. сб. ВСЕГЕИ. 1961. № 43. 17–23.

Кузнецов Н.Б., Алексеев А.С., Белоусова Е.А., Романюк Т.В., Реймерс А.Н. Первые результаты изотопного U/Pb датирования (LA-ICP-MS) детритовых цирконов из нижнекембрийских песчаников брусовской свиты Юго-Восточного Беломорья: уточнение времени коллизии Балтики и Арктиды // Докл. АН. 2015. Т. 460. № 3. С. 310–314.

Леонов М.В. Макроскопические растительные остатки основания усть-пинежской свиты (верхний венд Архангельской области) // Палеонтол. журн. 2007. № 6. С. 1–8.

Макрофоссилии верхнего венда Восточной Европы. Среднее Приднестровье и Волынь. А.Ю. Иванцов и др. М.: ПИН РАН, 2015. 144 с.

Махнач А.С., Веретенников Н.В., Шкуратов В.И., Лапцевич А.Г., Пискун Л.В. Стратиграфическая схема вендских отложений Беларуси // Літасфера. 2005. № 1 (22). С. 36–43.

Микрофоссилии докембрия СССР. Отв. ред. Янкаускас Т.В. Л.: Наука, 1989. 191 с.

Пискун Л.В. Микрофоссилии венда Беларуси. Минск, 2013. 67 с.

Подковыров В.Н., Гражданкин Д.В., Маслов А.В. Литогеохимия тонкозернистых обломочных пород венда южной части Вычегодского прогиба // Литология и полезн. ископаемые. 2011. № 5. С. 484–504.

Рагозина А.Л. Микрофоссилии беломорской биоты венда и их стратиграфическое значение // Стратиграфия и палеонтология древнейшего фанерозоя. М.: Наука, 1984. С. 25–30.

Сиверцева И.А., Станковский А.Ф. Микрофоссилии верхнедокембрийских отложений Архангельской области // Палеонтология докембрия и раннего кембрия. Тр. Всесоюзного симпозиума, 11–14 мая 1976 г., Ленинград. Л.: Наука, 1979. С. 157–159.

Сиверцева И.А., Станковский А.Ф. Новые данные по геологии верхнедокембрийских отложений северо-запада Архангельской области // Вестник ЛГУ. 1982. № 12. С. 30–40.

Сиверцева И.А., Веричев Е.М., Гриб В.П., Станковский А.Ф. Микрофоссилии верхнего докембрия Юго-Восточного Беломорья // Литология и палеогеография. Вып. 3. Ленинград: Изд.-во Ленингр. ун-та, 1981. С. 133–148.

Соколов Б.С. Очерки становления венда. М.: КМК Лтд, 1997. 156 с.

Станковский А.Ф., Веричев Е.М., Гриб В.П., Добейко И.П. Венд Юго-Восточного Беломорья // Изв. АН. Сер. геол. 1981. № 2. С. 78–87.

Стратиграфическая схема вендских отложений Московской синеклизы. Объяснительная записка. М., 1996. 46 с.

Стратиграфический словарь СССР. Карбон, пермь. Л.: Недра, 1977. 535 с.

Стратиграфический словарь: Верхний венд (Северная Евразия в границах бывшего СССР). М.: Наука, 1994. 351 с.

Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2019. 96 с.

Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України у двох томах. Т. 1: Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України. Головний редактор Гожик П.Ф. К.: ІГН НАН України, Логос, 2013. 637 с. (Stratigraphy of the Upper Proterozoic and Phanerozoic of Ukraine in two volumes. Volume 1. Stratigraphy of Upper Proterozoic, Paleozoic and Mesozoic of Ukraine, Volume. Ed. Gozhik P.F. K.: IGN NAS of Ukraine, Logos, 2013. 637 p. (in Ukrainian).

Федонкин М.А. Беломорская биота венда (докембрийская бесскелетная фауна севера Русской платформы). М.: Наука, 1981. 100 с.

Bobrovskiy I., Nagonitsyn A., Hope J.V., Brocks J.J. Guts, gut contents, and feeding strategies of Ediacaran animals // Current Biology. 2022. 32. P. 1–8.

Clauer N., Chaudhuri S. Clays in Crustal Environments. Isotopic Dating and Tracing. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 360 p.

Golubkova E.Yu., Kushim E.A., Kuzmenkova O.F., Laptsevich A.G., Plotkina Yu.V., Silivanova M.O. Stratigraphic distribution of fossil organisms in the Upper Vendian deposits of the central and southwestern regions of the East European Platform // *Paleontol. J.* 2023. V. 57. Suppl. 3. P. S211–S236.

Gorokhov I.M., Clauer N., Turchenko T.L., Melnikov N.N., Kutuyavin E.P., Pirrus E., Baskakov A.V. Rb–Sr systematics of Vendian-Cambrian claystones from the East European Platform: implications for a multi-stage illite evolution // *Chem. Geol.* 1994. V. 112. № 1/2. P. 71–89.

Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. Geological Time Scale. Amsterdam: Elsevier, 2020. 1357 p.

Grazhdankin D. Patterns of evolution of the Ediacaran soft-bodied biota // *J. Paleontology.* 2014. V. 88 (2). P. 269–283.

Kolesnikov A.V., Liu A.G., Danelian T., Grazhdankin D.V. A reassessment of the problematic Ediacaran genus *Orbisiana* Sokolov, 1976 // *Precambrian Res.* 2018. № 316. P. 197–205.

Leonov M.V., Ragozina A.L. Upper Vendian assemblages of carbonaceous micro- and macrofossils in the White Sea Region: systematic and biostratigraphic aspects // *The Rise and Fall of the Ediacaran Biota.* Eds. Vickers-Rich P., Komarower P. Geol. Soc. London Spec. Publ. 2007. V. 286. P. 269–275.

Martin M.W., Grazhdankin D.V., Bowring S.A., Evans D.A.D., Fedonkin M.A., Kirschvink J.L. Age of Neoproterozoic bilaterian body and trace fossils, White Sea, Russia: implications for Metazoan evolution // *Science.* 2000. V. 288. P. 841–845.

Środoń J., Condon D.J., Golubkova E., Millar I. L., Kuzmenkova O., Paszkowski M., Mazur S., Kędzior A., Drygant D., Ciobotaru V., Liivamägi S. 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.* 2023. V. 386. 106962

Wan B., Xiao S., Yuan X., Chen Z., Pang K., Tang Q. *Orbisiana linearis* from the early Ediacaran Lantian Formation of South China and its taphonomic and ecological implications // *Precambrian Res.* 2014. № 255. P. 266–275.

Willman S., Slater B.J. Late Ediacaran organic microfossils from Finland // *Geol. Mag.* 2021. V. 158. Iss. 12. P. 2231–2244.

Yang C., Li X.-H., Rooney A.D., Grazhdankin D.V., Bowyer F.T., Hu C., Macdonald F.A., Zhu M. The tempo of Ediacaran evolution // Science Advances. 2021. V. 7 № 45. eabi9643.

Рецензенты Д.В. Гражданкин, Е.Г. Раевская, А.Б. Котов

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ И ТАБЛИЦАМ

Рис. 1. Сопоставление взглядов исследователей на стратиграфическое расчленение верхневендских–нижнекембрийских отложений Юго-Восточного Беломорья.

1 – редкинский горизонт, 2 – котлинский горизонт, 3 – отложения нижнего кембрия, 4 – туфы, 5 – мягкотелые организмы, 6 – *Sabelledites cambriensis*, 7 – *Diplocraterion*, 8 – *Scolithos*, 9 – местоположение изученных ассоциаций ископаемых организмов. Сокращения: R – рифей, В – верхний, Kt – котлинский горизонт.

Рис. 2. Стратиграфическое расчленение отложений и вертикальное распространение ископаемых организмов в разрезе скв. Кепина-775 (расчленение разреза на слои проведено по (Бурзин, Виноградов, 2004), с изменениями и дополнениями).

1 – граница Восточно-Европейской платформы, 2 – песчаники, 3 – алевролиты, 4 – аргиллиты, 5 – туфы, 6 – кристаллический фундамент, 7 – Rb–Sr возраст аутигенного 1М иллита, 8 – транзитная ассоциация ископаемых организмов, 9 – редкинская биота. Сокращения: ОСШ – Общая стратиграфическая шкала, РСС – Региональная стратиграфическая схема, МСС – местная стратиграфическая схема, ГК – гамма-каротаж, КС – каротаж сопротивления, КМВ – каротаж магнитной восприимчивости.

Рис. 3. Зависимость отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ от величин $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ (а) и $1/^{86}\text{Sr}$ (б) для глинистых остатков разноразмерных глинистых субфракций, выделенных из аргиллита усть-пинежской свиты; (в) зависимость первичных отношений $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0$, вычисленных для “внутренних изохрон” (рис. 4), от размера глинистых частиц в субфракциях.

Рис. 4. Возраст глинистых субфракций иллита из архангельских слоев усть-пинежской свиты, вычисленный на основе “внутренних изохрон” для необработанных СФ (W), ацетатных вытяжек (L) и остатков после выщелачивания (R).

Таблица I. Редкинские микрофоссилии.

1 – сфероморфная оболочка, орнаментированная нерегулярно расположенными выростами-бугорками; инт. 671–668 м, обр. Г-90-24, преп. 24/14; 2 – *Leiosphaeridia jacutica* (Timofeev), emend. Mikhailova et Jancauskas; инт. 830–827.5 м, обр. Г-90-34, преп. 34/2; 3 –

Leiosphaeridia tenuissima Eisenack; гл. 677 м, обр. Г-90-27, преп. 27/2; 4 – *Tynnia precambrica* (Tynni et Donner), emend. Burzin; гл. 677 м, обр. Г-90-27, преп. 27/2; 5 – скопление оболочек *Leiosphaeridia minutissima* (Naumova), emend. Jankauskas; инт. 830–827.5 м, обр. Г-90-34, преп. 34/2; 6 – скопления (?маты) цианобактерий *Oscillatoriosis* Schopf, emend. Knoll et Golubic, emend. Knoll, Swett et Mark, emend. Butterfield, зафиксированные на органической пленке; инт. 830–827.5 м, обр. Г-90-34, преп. 34/2; 7 – ?нитчатые серные бактерии *Zinkovioides* Hermann, распространенные по органическим пленкам; инт. 547–542 м, обр. Г-90-10, преп. 10/2; 8 – ?колониальные серные бактерии, развитые по органическим пленкам; инт. 547–542 м, обр. Г-90-10, преп. 10/2; 9 – собранная в розетку нитчатая водоросль, ветвящаяся от узла в основании; инт. 671–668 м, обр. Г-90-24, преп. 24/1.

Таблица II. Редкинские микрофоссилии.

1, 2, 4, 5 – *Striatella coriacea* Assejeva; инт. 580–579 м, обр. Г-90-12: 1, 2, 4 – преп. 12/1, 5 – преп. 12/3; 3 – *Oscillatoriosis magna* Tynni et Donner; инт. 580–579 м, обр. Г-90-12, преп. 12/1; 6 – *Siphonophycus* Schopf, emend. Knoll, Swett et Mark; инт. 580–579 м, обр. Г-90-12, преп. 12/1; 7 – ?*Pomoria* Siverzeva et Jankauskas; гл. 827.5 м, обр. Г-90-34, преп. 34/2; 8 – скопление нитчатых микрофоссилий ?*Palaeolyngbya* Schopf, emend Butterfield, Knoll et Swett, сохранившихся на органической пленке; инт. 580–579 м, обр. Г-90-12, преп. 12/3; 9, 10 – не идентифицированные нитчатые микрофоссилии: 9 – гл. 827.5 м, обр. Г-90-34, преп. 34/4, 10 – инт. 671–668 м, обр. Г-90-24, преп. 24/1. Сокращения: Т – трихом, Ч – чехол, К – клетки, Г – гормогония.

Таблица III. Редкинские микрофоссилии.

1–4 – Gen. et sp. indet 2, предполагаемый мицелий грибов; инт. 838.6–835.2 м, обр. Г-92-3, 1, 2 – преп. 3/1, 3, 4 – преп. 3/3; 5, 6 – ?колониальные микрофоссилии, представлены разнообразными по форме, в том числе находящимися в стадии деления, крупными оболочками (6б-1, 6в-1) и более мелкими формами, состоящими из более плотного “внутреннего тела” и внешней тонкой оболочки (6б-2), распространены по нитчатым микрофоссилиям (5, 6а); инт. 838.6–835.2 м, обр. Г-92-3: 5 – преп. 3/7, 6 – преп. 3/1.

Таблица IV. Редкинские макроскопические ископаемые организмы.

1 – *Orbisiana* aff. *simplex* Sokolov, emend Kolesnikov, Liu, Danelian et Grazhdankin; гл. 669 м, обр. Г-90-25; 2 – *Palaeopascichnus* Palij; гл. 734.1 м, обр. Г-90-30; 3–5а – *Calyptrina striata* Sokolov, 5б – скопления (?маты) нитчатых микрофоссилий; 3 – гл. 668 м, обр. Г-90-23, 4 – инт. 579–580 м, обр. Г-90-12, 5 – гл. 539 м, обр. Г-90-9; 6 – крупные, плавно

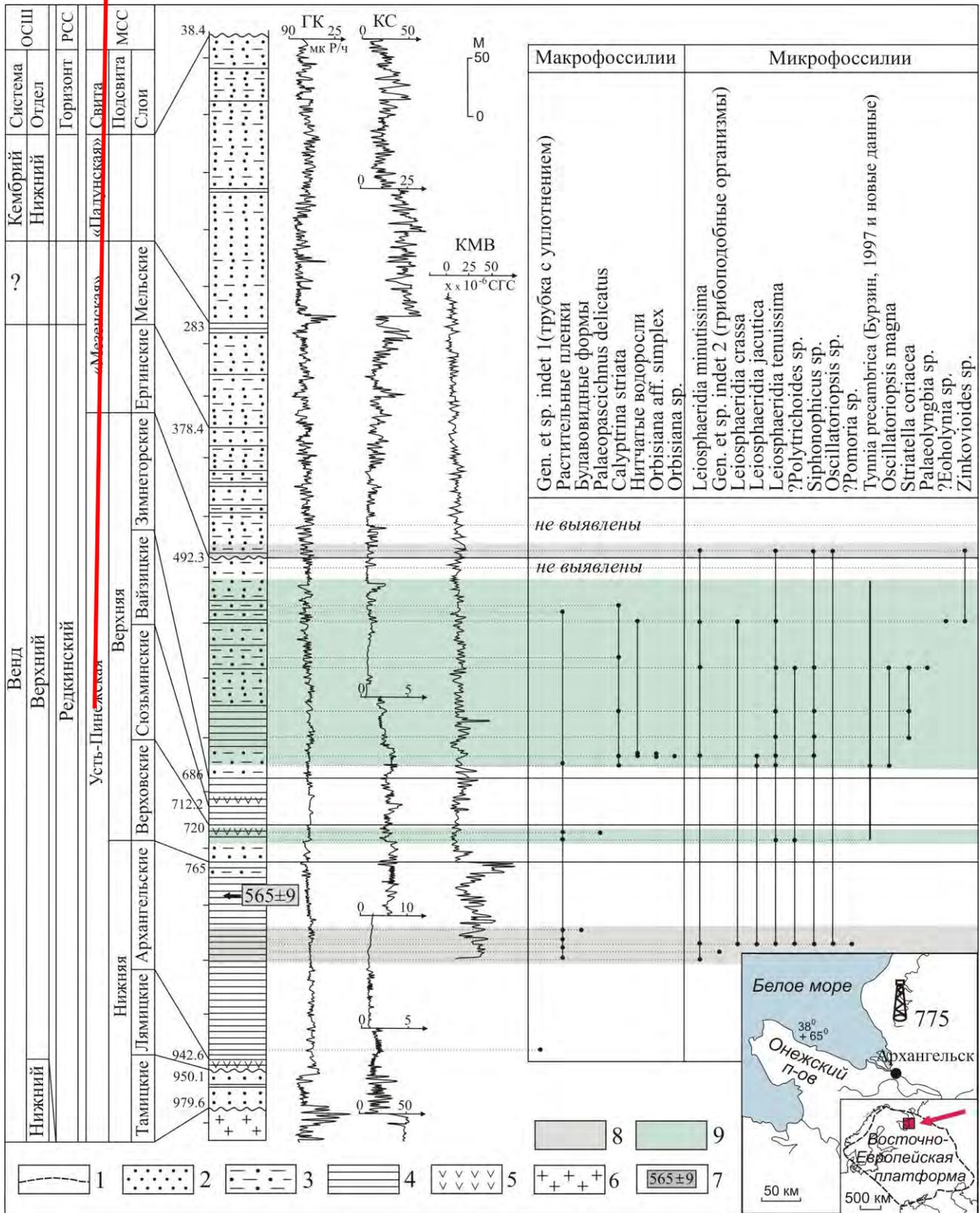


Рис. 2

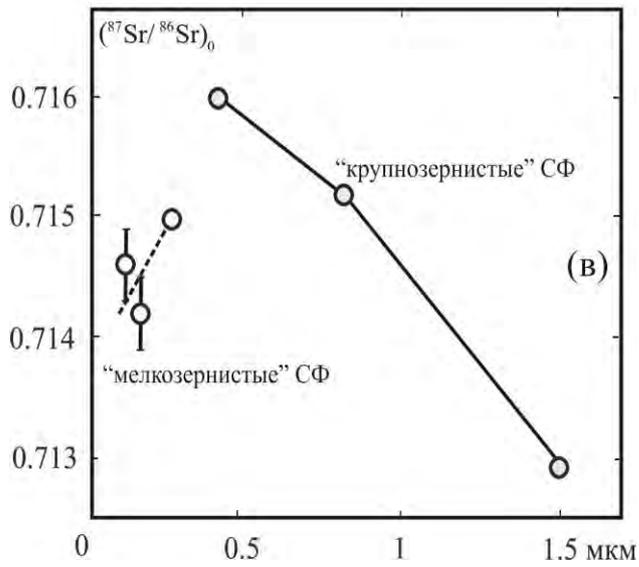
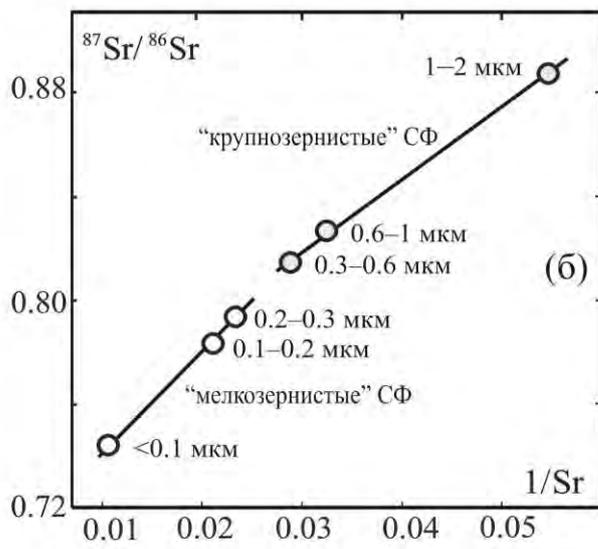
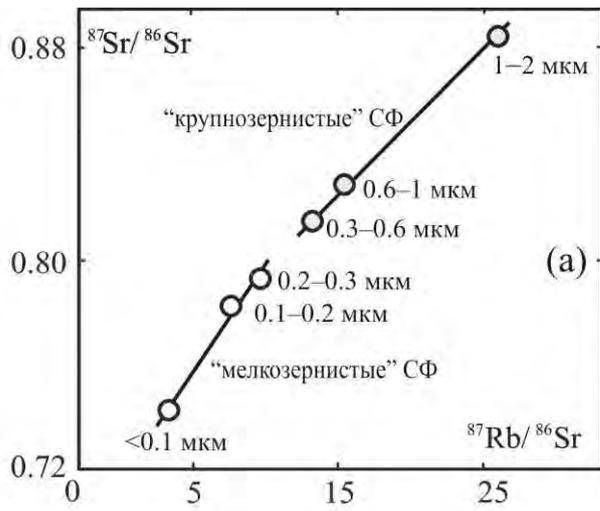


Рис. 3

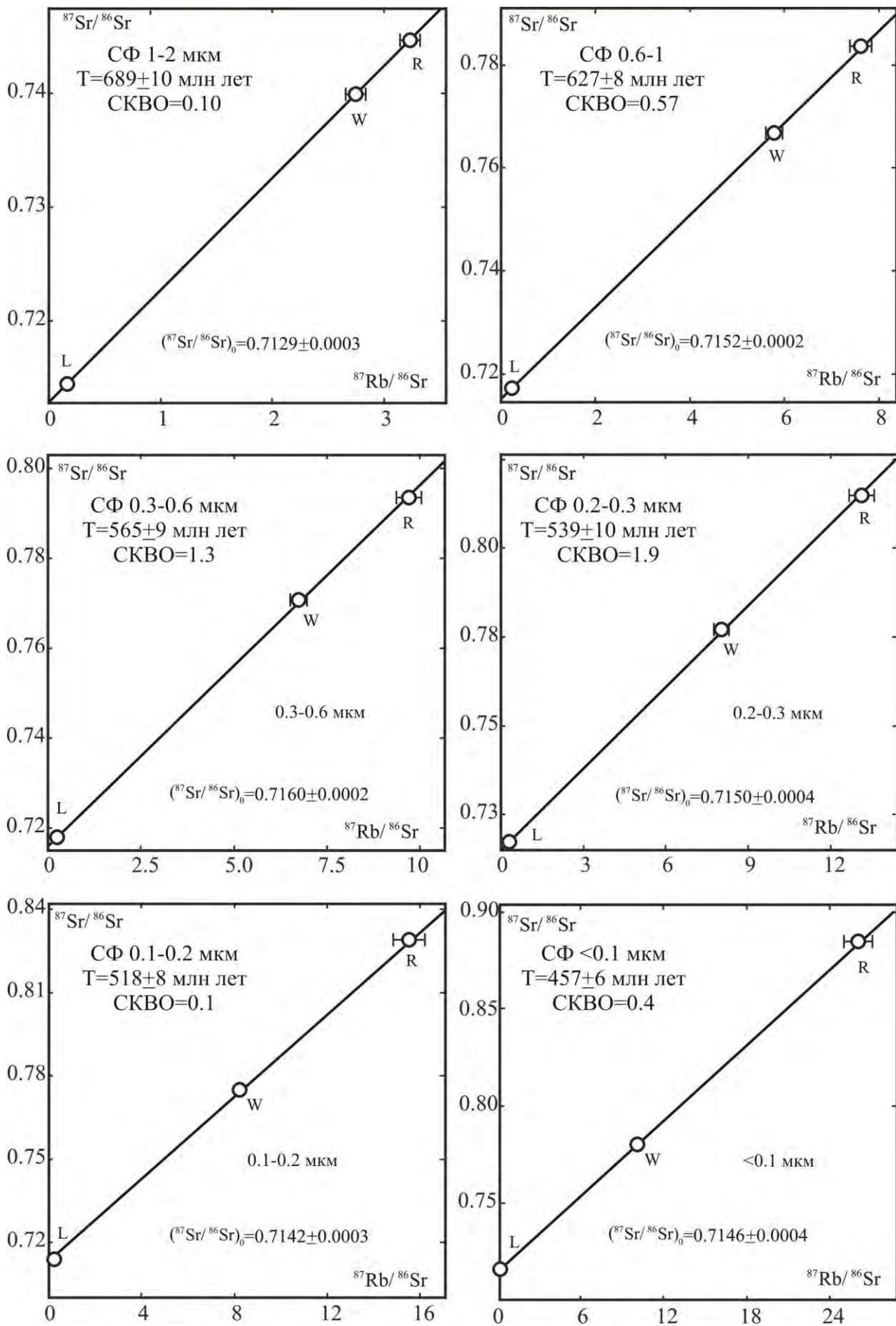
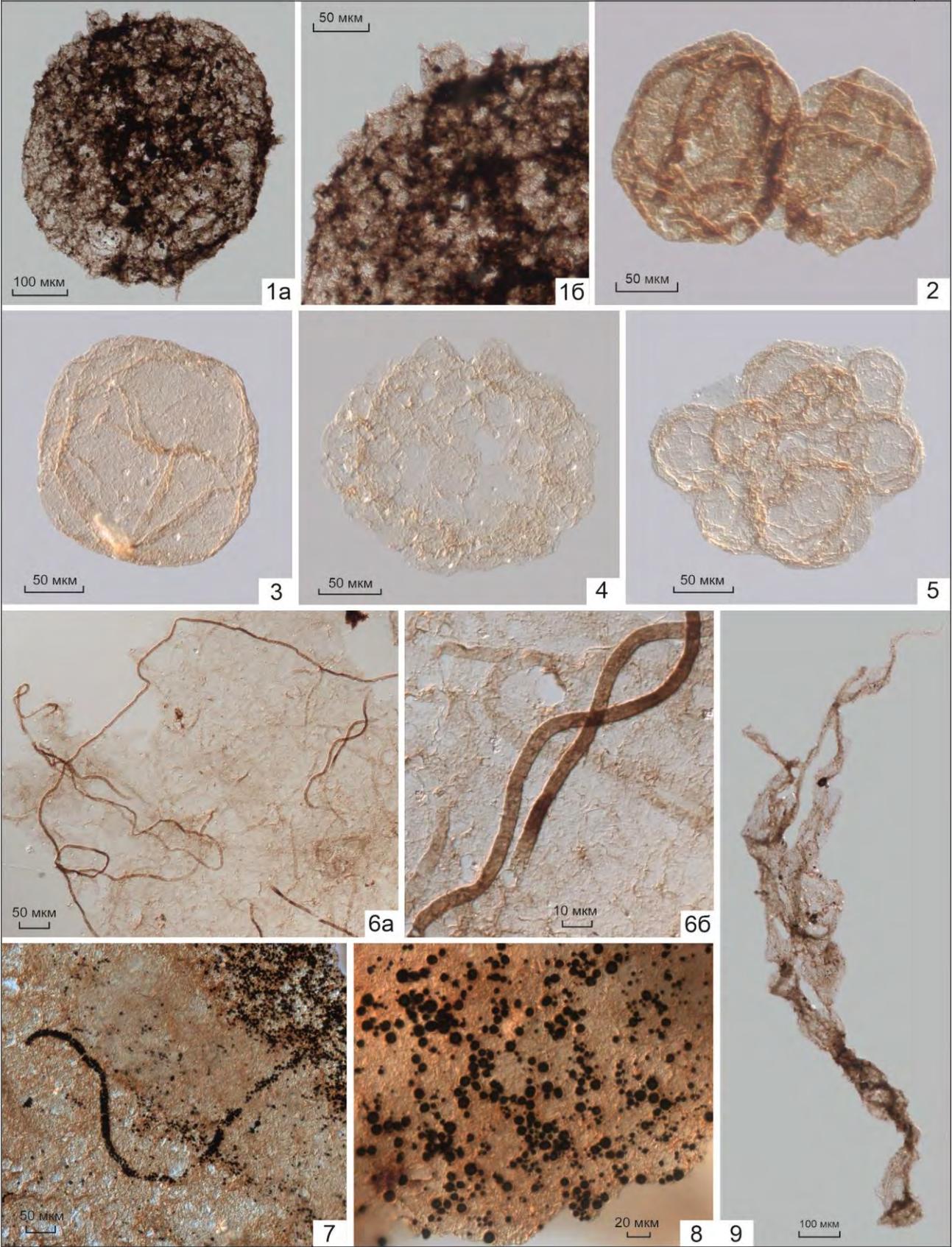
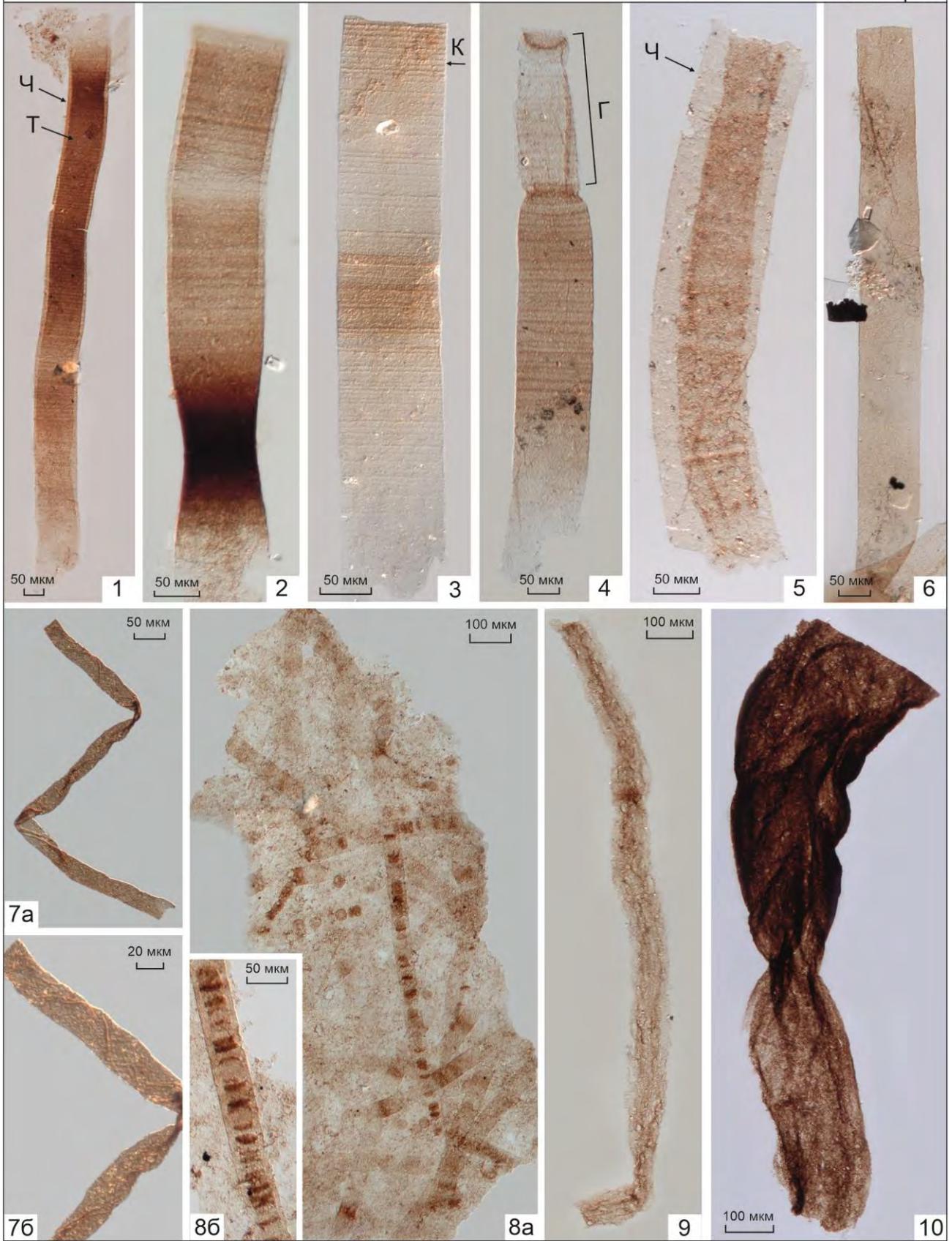
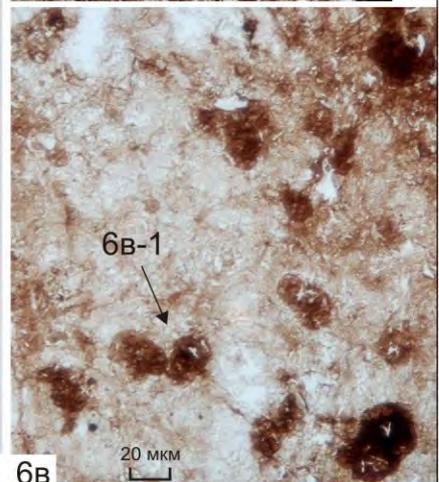
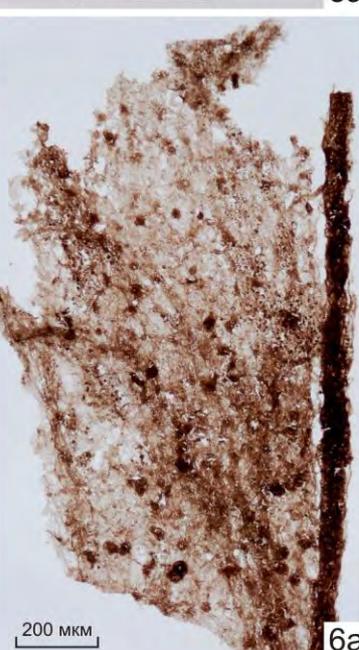
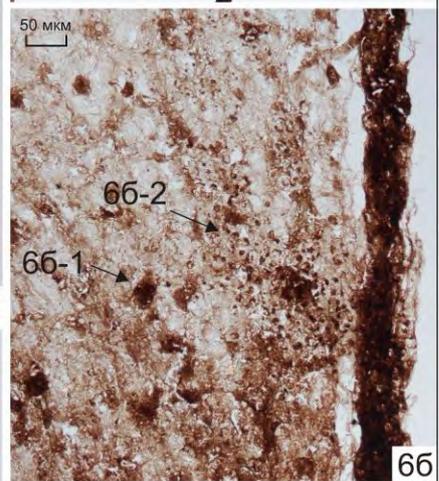
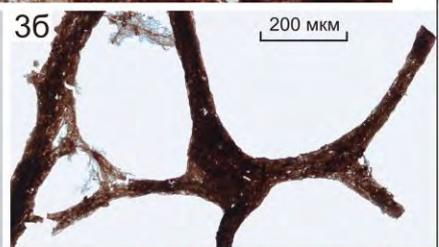
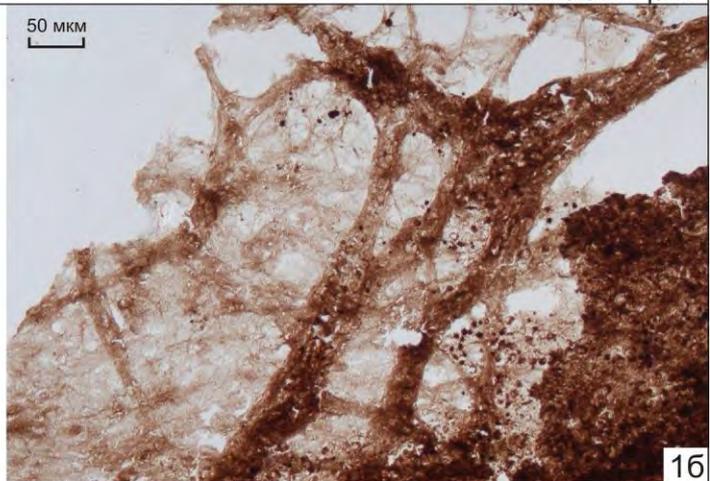
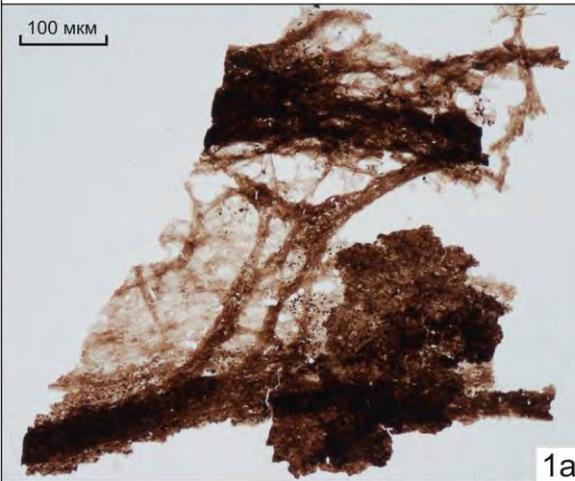


Рис. 4

Таблица I







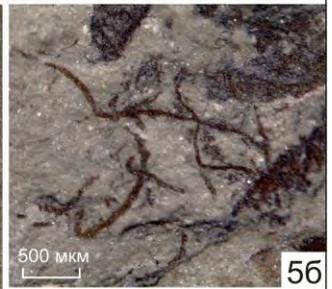
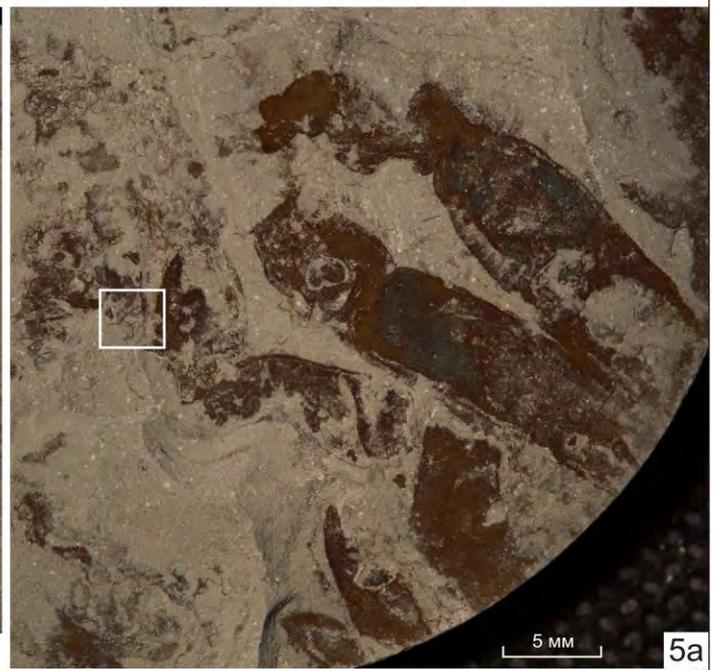


Таблица 1. Rb–Sr аналитические данные и Rb–Sr изохронный возраст тонкозернистых субфракций иллита, выделенных из аргиллита усть-пинезской свиты

СФ, мкм	Препарат и доля выщелока *	Политип, CIS	Rb, мкг/г	Sr, мкг/г	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	Rb–Sr изохронный возраст, млн лет	Первичные отношения (⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) ₀
<0.1	W	1M _d (1.98)	156	45.0	10.123	0.78034	457 ± 6	0.7146 ± 0.0004
	R		157	17.8	26.007	0.88473		
	L		2.41	27.7	0.2519	0.71631		
	q, %		1.5	61.6				
0.1–0.2	W	1M _d (1.50)	169	59.9	8.231	0.77485	518 ± 8	0.7142 ± 0.0003
	R		166	31.2	15.509	0.82892		
	L		2.97	28.6	0.3006	0.71640		
	q, %		1.8	47.7				
0.2–0.3	W	1M _d (1.50)	158	57.4	8.029	0.77716	539 ± 10	0.7150 ± 0.0004
	R		156	34.7	13.12	0.81504		
	L		2.55	23.1	0.3206	0.71739		
	q, %		1.6	40.2				
0.3–0.6	W	1M (2M))	145	62.7	6.743	0.77070	565 ± 8	0.7160 ± 0.0002
	R		143	42.9	9.697	0.79357		
	L		1.66	20.0	0.2402	0.71790		
	q, %		1.2	31.9				
0.6–1	W	2M = 1M	126	63.4	5.787	0.76679	627 ± 6	0.7152 ± 0.0002
	R		124	47.5	7.611	0.78363		
	L		1.31	16.5	0.2294	0.71725		
	q, %		1.1	26.0				
1–2	W	2M ₁ = 1M	107	113.0	2.749	0.73989	689 ± 10	0.7129 ± 0.0003
	R		106	95.1	3.231	0.74467		
	L		1.00	17.3	0.1678	0.71451		
	q, %		0.9	15.3				

Примечание. * W – субфракция, не обработанная выщелачивающим реагентом, R – остаток от выщелачивания; L – вытяжка, q – доля выщелоченного элемента ($q = L/W \times 100$). Содержания Rb, Sr в вытяжках приведены в расчете на 1 г необработанной субфракции.

Redkinian Biota and Rb–Sr Age of Vendian Sediments from the North of the East European Platform

**E. Yu. Golubkova^{a, #}, T. S. Zaitseva^a, V. V. Tretyachenko^b, E. A. Kushim^a,
A. B. Kuznetsov^a, T. L. Turchenko^a, M. O. Silivanov^a**

*^aInstitute of Precambrian Geology and Geochronology, Russian Academy of Sciences,
St. Petersburg, Russia*

^bPublic Joint Stock Company “ALROSA”, Arkhangelsk, Russia

[#]e-mail: golubkovaeyu@mail.ru

Lithological, paleontological and Rb–Sr isotope-geochronological studies of the Upper Vendian deposits of the borehole Kepina-775, drilled in the north-west of the Mezen Syncline of the East European Platform (South-Eastern White Sea region), were carried out. Redkinian biota were found in the Verchovka and Zimnegory beds of the Ust-Pinega Formation. Transit associations of microfossils have been established in the Arkhangelsk beds of the Ust-Pinega Formation and in the “Mezen” Formation. The Kotlin Regional Stage is not recognized according to biostratigraphic data in the South-Eastern White Sea region. The presence of Ediacaran soft-bodied organisms in the Erga beds, as well as the inherited nature of the distribution of microfossils coming from the Ust-Pinega Formation, make it possible to expand the stratigraphic interval of the Redkino Regional Stage to the base of the Mela beds. The age of the Mela beds has not been reliably determined. The Rb–Sr age of the generations of authigenic 1M illite, extracted from the mudstones of the Arkhangelsk beds of the Ust-Pinega Formation, was obtained as 565 ± 9 Ma. The presence of an insignificant admixture of detrital 2M₁ illite allows us to consider the obtained dating as the lower age limit of the accumulation of the Arkhangelsk beds. The Rb–Sr age of the “fine-grained” generations of 1M_d illite (about 540–460 Ma) corresponds to the stage of burial diagenesis of the clayey sediment.

Keywords: microfossils, macrofossils, Rb–Sr age, Redkino Regional Stage, stratigraphy, Vendian, Ediacaran, South-Eastern White Sea region

Глоссарий

Венд – Vendian

Восточно-Европейская платформа – East European Platform

Горизонт беломорский – Beloe more Regional Stage. Название дано по Белому морю.

Горизонт котлинский – Kotlin Regional Stage. Название дано по острову Котлин в Финском заливе, Россия.

Горизонт лонтоваский – Lontova Regional Stage. Название дано по дер. Лонтова, карьер Кунда, Эстония.

Горизонт новоднестровский – Novodnestrovskiy Regional Stage. Название дано по Днестровскому водохранищу, Украина.

Горизонт редкинский – Redkino Regional Stage. Название дано по г. Редкино Тверской области, Россия

Горизонт ровенский – Rovno Regional Stage. Название дано по г. Ровно, Ровенская обл., Украина.

Горизонт ущицкий – Ushitsa Regional Stage. Название дано по р. Ушица, Украина.

Кембрий – Cambrian

Латвийская седловина – Latvian Saddle

Лужско-Ладожская моноклираль –

Международная хроностратиграфическая шкала – Standard Global Chronostratigraphic Chart

Мезенская синеклиза – Mezen Syncline

Микрофоссилии – microfossils

Московская синеклиза – Moscow Syncline

Мягкотелые организмы – soft-bodied organisms

Оршанская впадина – Orsha Depression

Отдел – Division

Пачка – Member

Подолія – Podolia

Подсвита – Subformation

Свита – Formation

Свита брусовская – Brusov Formation. Название дано по руч. Брусовому, правый приток р. Юольшая Юра, Архангельская обл., Россия.

Свита гаврилов-ямская – Gavrilov Yam Formation. Название дано по г. Гаврилов Ям Ярославской обл., Россия.

Свита макарьевская – Makarev Formation. Название дано по г. Макарьев Костромской обл., Россия.

Свита мезенская – Mezen Formation. Название свиты дано по р. Мезень Архангельской области, Россия.

Свита могилевская – Mogilev Formation. Название дано по г. Могилев-Подольский, Украина.

Свита непейцинская – Nepeytsino Formation. Название дано по дер. Непейцино Нижегородской обл., Россия.

Свита нюгусская – Nyugus Formation. Название свиты дано по руч. Нюгс, лев. Приток р. Малая Юра, Архангельская обл., Россия.

Свита (серия) падунская – Padun Formation. Название свиты дано по р. Падун Архангельской области.

Свита селявская – Selyava Formation. Название дано по оз. Селявы, дер. Прошиха, Беларусь

Свита старорусская – Staraya Russa Formation. Название дано по г. Старая Русса, Новгородская обл., Россия.

Свита (серия) усть-пинежская – Ust-Pinega Formation. Название свиты дано по пос. Усть-Пинега Архангельской области.

Свита черницкая – Chernitsa Formation. Название дано по р. Черница Лиозненского р-на Витебской обл., Беларусь.

Свита ярышевская – Yaryshiv Formation. Название дано по пос. Ярышев, Хмельнинская область, Украина.

Серия – Series

Система – System

Скважина Балтанава – Baltanova borehole

Скважина Кепина-775 – Kepina-2 borehole

Скважина Илос-776 – Ilos-776 borehole

Скважина Нарва – Narva borehole

Скважина Степановка-773 – Stepanovka-773 borehole

Скважина Усть-Пинега – Ust-Pinega borehole

Юго-Восточное Беломорье – Southeast White Sea area

Слои архангельские – Archangelsk beds (Formation)

Слои вайзицкие – Vayzitsa beds (Formation)

Слои верховские (свита) – Verchovka beds (Formation)

Слои ергинские (свита) – Erga beds (Formation)

Слои золотицкие (свита) – Zolotitsa beds (Formation)

Слои зимнегорские (свита) – Zimnegory beds (Formation)

Слои (свита) лямицкие – Lamtsa beds (Formation)

Слои мельские – Mela beds

Слои сюзьминские – Suzma beds (Formation)

Слои тамицкие – Tamitsa beds

Слои товские – Tova beds

ЦКП “АИРИЗ” – CCU “AIRES”

Эдиакарий – Ediacaran

Список латинских названий к рис. 2

Макрофоссилии:

Gen. et sp. indet 1

Palaeopascichnus sp.

Calyptrina striata

Orbisiana aff. simplex

Orbisiana sp.

Микрофоссилии:

Leiosphaeridia minutissima

Gen. et sp. indet 2

Leiosphaeridia crassa

Leiosphaeridia jacutica

Leiosphaeridia tenuissima

?Polytrichoides sp.

Siphonophycus sp.

Oscillatoriopsis sp.

?Pomoria sp.

Tynnina precambrica

Oscillatoriopsis magna

Striatella coriacea

Palaeolyngbya sp.

?Eoholynia sp.

Zinkovioides sp.