

УДК [551.72+56](571.5)

## НИЖНЕВЕНДСКИЕ КОМПЛЕКСЫ МИКРОФОССИЛИЙ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ В РЕШЕНИИ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ РЕГИОНА

© 2010 г. Е. Ю. Голубкова\*, Е. Г. Раевская\*\*, А. Б. Кузнецов\*

\*Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург

e-mail: golubkovaeyu@mail.ru

\*\*ФГУ НПП “Геологоразведка”

Поступила в редакцию 13.02.2008 г., получена после доработки 10.09.2009 г.

На основании опубликованных и оригинальных данных проанализировано стратиграфическое положение и таксономическая характеристика комплексов акантоморфных микрофоссилий пертатакского типа, распространенных в нижневендских отложениях центральной и юго-восточной части Сибирской платформы и ее обрамления. В разрезах Непско-Ботубинского, Предпатомского, Сюгджерского, Анабарского, Жуинско-Ленского и Березовского структурно-фациальных районов выделены четыре таксономически различные микробиоты: две богатые (непская и уринская) и две обедненные (отрадинская и торгинская), каждая из которых включает диагностические таксоны ранневендского возраста. За пределами Сибирской платформы характеризующие их роды и виды встречаются в единых ассоциациях и являются диагностическими таксонами второй (Tc–Sr–VI) и третьей (Ti–Cg–Mr) зон акритарховой шкалы, предложенной австралийскими специалистами в качестве биостратиграфической основы расчленения эдиакария Международной стратиграфической шкалы (МСШ). В российской Общей стратиграфической шкале распространение комплексов акритарх пертатакского типа приходится на нижний отдел венда. Появление и расцвет акантоморфных микрофоссилий является глобальным биологическим событием и должно быть учтено как биостратиграфический критерий выделения вендской системы. Для обоснования возраста в ряду диагностических видов нижнего венда Восточной Сибири следует использовать *Appendisphaera grandis*, “*Appendisphaera*” *tabifica*, *A. tenuis*, *Ceratospaeridium glaberosum*, *Dicrospinasphaera virgata*, *Multifronsphaeridium pelorium*, “*Polygonium*” *cratum*, *Tanarium conoideum*, *Variomargosphaeridium litoschum*, *Talakania obscura*. Эти формы легко распознаются, имеют морфологическую выдержанность, а также широкое латеральное распространение при сравнительно узком диапазоне существования. Их присутствие в отложениях верхней части дальнетайгинской серии Байкало-Патомского региона свидетельствует, что вмещающие отложения относятся не к верхнему рифею, как это сейчас принято, а к нижнему венду.

*Ключевые слова:* микрофоссилии, биостратиграфия, венд, Восточная Сибирь.

### ВВЕДЕНИЕ

Стратиграфия верхнего докембрия Сибирской платформы, и в частности венда, разрабатывается и совершенствуется большой группой специалистов уже много лет, но до сих пор нет единства во взглядах на положение границы рифея и венда, а также венда и кембрия в этом регионе. Возрастное обоснование и корреляция верхнедокембрийских отложений в разрезах внутренних территорий Сибирской платформы и ее обрамления не всегда однозначны, что объясняется множеством объективных причин: сложным геологическим строением осадочного чехла Сибирской платформы, разбитой на несколько фациальных областей; разной степенью доступности и изученности основных разрезов; невозможностью их прямого сопоставления со стратотипами подразделений Общей стратиграфической шкалы (ОСШ), расположенными на Восточно-Европейской платформе. Не меньшей проблемой яв-

ляется корреляция нижнего и верхнего венда с подразделениями эдиакария Международной стратиграфической шкалы (МСШ). Привлекаемые палеонтологические методы (в частности, использование микрофоссилий) из-за разночтения результатов не всегда способствуют решению этих проблем, а иногда даже и усугубляют их, вызывая понятный скепсис у ряда геологов.

Однако благодаря повсеместному расширению микрофитологических исследований докембрия в последние годы и накоплению новых данных потенциал этой группы ископаемых организмов неуклонно растет. В Австралии, например, на основе изучения эдиакарских комплексов акантоморфных микрофоссилий (акритарх) была предложена первая для докембрия биозональная шкала, которая, по мнению ее авторов (Grey, 2005; Grey, Calver, 2007), не только способствует корреляции отложений разнофациальных регионов Австралии, но мо-

жет даже претендовать на эталонную последовательность МСШ (Grey, Calver, 2007).

На Сибирской платформе акантоморфные микрофоссилии пертататакского типа известны давно (Волкова и др., 1980; Пятилетов, 1980, 1983; Файзулина и др., 1982; Вендская..., 1985а; Рудавская, 1985; Пятилетов, Рудавская, 1985; Рудавская, Васильева, 1989; Колосова, 1990, 1991; Moczyłowska et al., 1993; Граусман и др., 1996; Файзуллин, 1998; Хоментовский и др., 1998б; Наговицин и др., 2004; Moczyłowska, 2005). Но, в силу различных таксономических подходов или ошибочности определений на ранних этапах изучения, эти микрофоссилии до сих пор цитируются в литературе под разными видовыми и родовыми названиями в составе разновозрастных стратиграфических комплексов от верхнего рифея до кембрия (Решение..., 1986; Решения..., 1989; Каталог..., 1989; Стратиграфия..., 2005). Разрозненность данных в редких изданиях, слишком краткие описания и частое отсутствие фотографических изображений в старых работах, а также выборочные ревизии отдельных таксонов без комплексного анализа встречаемых микробит (Колосова, 1990, 1991; Moczyłowska et al., 1993; Moczyłowska, 2005) до сих пор затрудняют использование этого материала для биостратиграфических построений.

Вместе с тем акантоморфные акритархи пертататакского типа обнаружены в настоящее время в более чем сорока скважинах внутренних районов Сибири. К уже опубликованному материалу добавилось большое количество новых находок, а международный опыт изучения разновозрастных микрофоссилий заметно продвинул общие представления об их таксономии и диапазонах распространения. Сложившиеся обстоятельства обеспечили возможность проведения давно необходимой ревизии и переоценки имеющегося материала, что и побудило нас к написанию данной статьи.

Предлагаемый в работе обзор охватывает анализ эдиакарских комплексов акантоморфных акритарх мира и их вендских возрастных аналогов в Восточной Сибири с учетом изотопных датировок вмещающих отложений и проблемных вопросов стратиграфии венда в целом. Основной целью работы является обобщение имеющихся данных, уточнение пределов вертикального распространения ключевых таксонов акритарх в сибирских разрезах и получение более четкой палеонтологической характеристики выделенных стратиграфических подразделений для решения региональных и более масштабных геологических задач.

## СООТНОШЕНИЕ ВЕНДА И ЭДИАКАРИЯ

Многие разногласия в существующих биостратиграфических выводах при корреляции отложений венда обусловлены неопределенностью в сопоставлении ОСШ и МСШ. В российской ОСШ венд

в ранге системы расчленяется на два отдела — нижний и верхний. Нижний отдел объединяет ледниковые и вулканогенно-осадочные образования. При этом количество ледниковых горизонтов, выделяемых в позднем протерозое мира различными исследователями, варьирует от двух до пяти (Knoll et al., 2000, 2004, 2006; Walter et al., 2000; Chumakov, 2007 и др.), что вносит элемент неопределенности в установление нижней границы отдела. Верхний, постледниковый, отдел выделяется по появлению отложений с остатками бесскелетной эдиакарской фауны Metazoa (Вендская..., 1985б; Семихатов и др., 1991). Возрастные пределы выделенных на Восточно-Европейской платформе подразделений венда определяются в основном путем корреляции с отложениями, датированными в соседних и удаленных регионах.

В настоящее время существует по крайней мере два варианта оценки изотопного возраста границ вендской системы, параллельно применяемых в стратиграфических схемах России. В более ранней стратиграфической шкале докембрия СССР, предложенной на Втором Всесоюзном совещании по общим вопросам расчленения докембрия в 1990 г. в Уфе, изотопный возраст нижней границы венда оценивается в 650 млн. лет, границы нижнего и верхнего отделов венда — в 620 млн. лет, а границы венда и кембрия — в 570 (530) млн. лет (Семихатов и др., 1991). Такой вариант до сих пор используется в стратиграфических схемах Сибирской платформы (Стратиграфия..., 2005). Иные оценки возраста были предложены в последнем, официально принятом варианте расчленения вендской системы (Дополнения..., 2000), согласно которому нижняя граница венда условно датируется как 600 млн. лет, граница нижнего и верхнего отделов венда имеет лишь приблизительную оценку возраста (570—555 млн. лет), а кровля венда установлена по подошве томмотского яруса нижнего кембрия и датируется как 535 млн. лет.

В отличие от венда, выделение эдиакарского периода в МСШ связывается с завершением глобального похолодания. Основание эдиакарского периода в МСШ соответствует резкому отрицательному экскурсу  $\delta^{13}\text{C}$  в венчающих доломитах (cap dolomite), перекрывающих в Австралии диамиктиты оледенения эпохи Марино, имеющей возраст около 635 млн. лет (Knoll et al., 2000, 2004, 2006; Zhou, Xiao, 2007). Первые представители бесскелетной эдиакарской фауны, давшей название всему периоду, появились только в его конце, сразу после непродолжительного оледенения Гаскье (Gaskiers) около 580 млн. лет назад (Ogg et al., 2008). Верхняя граница эдиакария проведена стратиграфически ниже основания томмотского яруса, определяется сменой двух видов ихнофоссилий в разрезах Ньюфаундленда и датируется как 542 млн. лет (Braisier et al., 1994; Ogg et al., 2008). Такое определение критериев выбо-

ра терминального подразделения протерозоя встретило справедливую критику в российской литературе (Розанов и др., 1997; Fedonkin et al., 2007).

По продолжительности и палеонтологическому наполнению венд сравним с фанерозойскими системами, общее расчленение которых основано на биостратиграфических критериях. В последнее время и в стратиграфии верхнего докембрия эти критерии, опирающиеся прежде всего на последовательность таксономически различных ассоциаций микрофоссилий, становятся все более весомыми.

Акантоморфные акритархи пертататакского типа были обнаружены сравнительно недавно и все еще находятся в стадии активного изучения. Занимая промежуточное положение стратиграфически выше уровней с глициогоризонтами и ниже отложений, содержащих эдиакарскую фауну (рис. 1), они, согласно российской модели расчленения венда, прежде не находили места в его осадочной последовательности, считаясь одинаково безосновательно то ниже-, то верхневендскими. Находки богатой микробиоты пертататакского типа на Восточно-Европейской платформе, сделанные всего несколько лет назад (Вейс и др., 2006; Воробьева и др., 2006, 2008a; Vorob'eva et al., 2009), свидетельствовали о присутствии в окраинных частях платформы отложений, ранее неучтенных в стратотипической последовательности венда. Эти отложения было предложено выделить в самостоятельный горизонт, а характеризующую его вычегодскую микробиоту использовать в качестве биостратиграфического критерия выделения нижней границы вендской системы (Воробьева и др., 2008a).

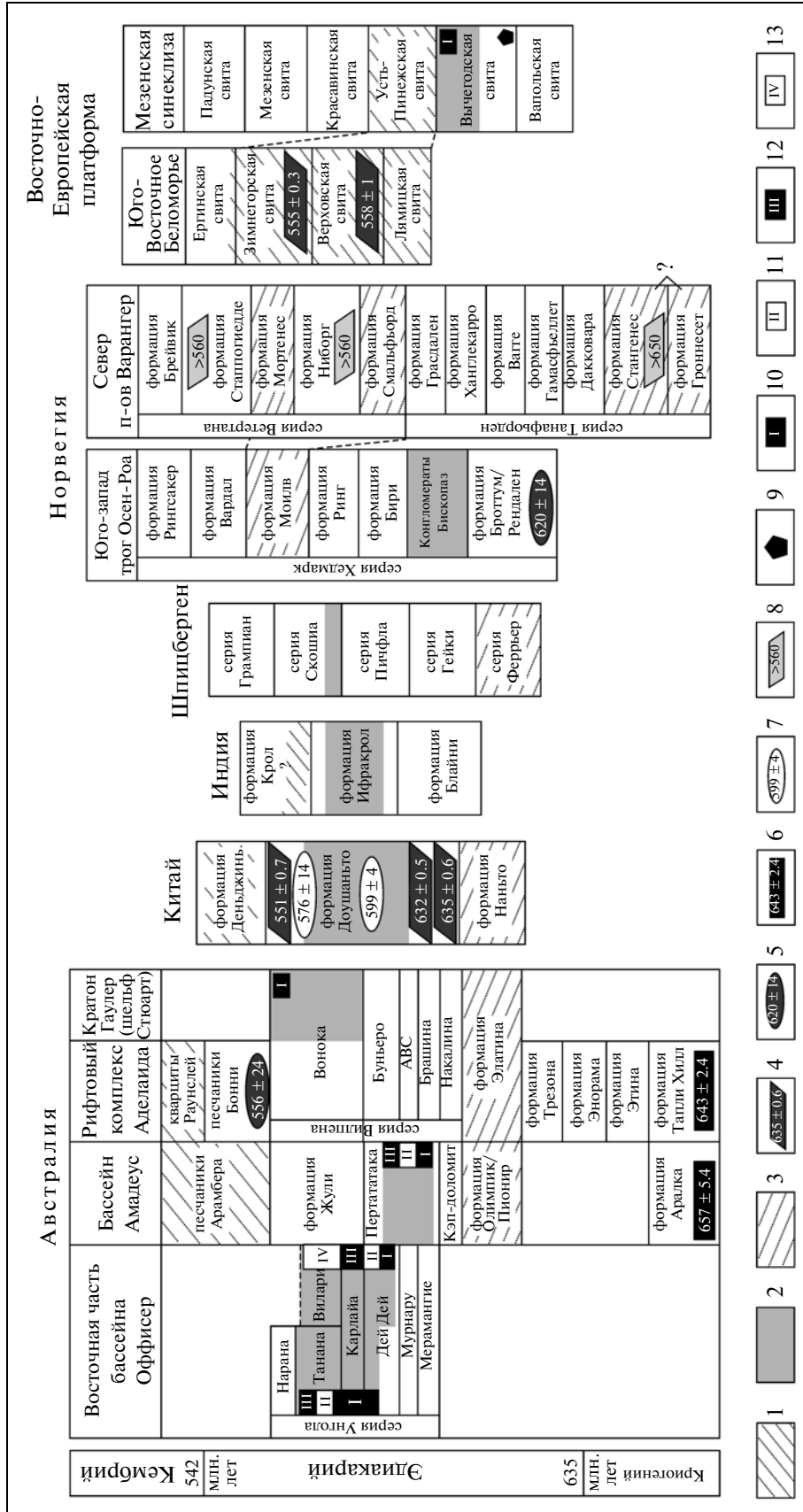
Мы разделяем мнение цитированных выше авторов о том, что микрофоссилии пертататакского облика относятся к раннему венду. Их появление зафиксировано на Восточно-Европейской платформе в ненарушенном непрерывном разрезе несколько выше распространения позднерифейских ассоциаций акритарх, а верхний предел возраста ограничен появлением поздневендских Metazoa (Vorob'eva et al., 2009).

#### РАСПРОСТРАНЕНИЕ АКАНТОМОРФНЫХ АКРИТАРХ В ЭДИАКАРСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ МИРА

Эдиакарские акантоморфные микрофоссилии пертататакского типа (по названию австралийской формации Пертататака, откуда происходят первые описания) или эдиакарский комплекс акантоморфной палинофлоры (ЭКАП) (Grey, 2005) хорошо распознаются в отложениях по всему миру. Это крупные (свыше 100 мкм), преимущественно сферические оболочки, орнаментированные разнообразными, иногда весьма сложными скульптурными элементами. Как уже упоминалось, появлению этих организмов в геологической лето-

писи докембрия предшествовали обширные оледенения, фиксируемые в разрезах по отложениям тиллитов (диамиктитов) (рис. 1), а их исчезновение условно соотносится с возникновением Metazoa (Knoll, 2000; Grey, 2005; Grey, Calver, 2007).

В Австралии рассматриваемые микрофоссилии присутствуют в формации Пертататака бассейна Амадеус, а также в отложениях серии Унгола бассейна Оффисер и серии Вилпена кратона Гаулер (рис. 1). В рифтовом комплексе Аделаида отложения серии Вилпена перекрываются песчаниками формации Бонни, содержащими обломочный циркон с возрастом  $556 \pm 24$  млн. лет (U-Pb метод; Preiss, 2000). Серия Умберетана, подстилающая серию Вилпена, содержит глинистые сланцы формации Тапли Хилл, возраст формирования которых определен Re-Os методом в  $643 \pm 2.4$  млн. лет (Kendall et al., 2006). В бассейне Амадеус глинистые сланцы формации Аралка, являющейся стратиграфическим аналогом формации Тапли Хилл, имеют близкий возраст —  $657 \pm 5.4$  млн. лет (Re-Os метод; Kendall et al., 2006). На основе имеющихся датировок в разрезах рифтового комплекса Аделаида и бассейна Амадеус диапазон существования акантоморфных акритарх колеблется от 660–640 до 560–550 млн. лет. Для определения возраста формации Пертататака и серии Вилпена привлекаются диамиктиты формаций Олимпик и Элатина, которые подстилают отложения с акантоморфными акритархами в бассейне Амадеус и рифтовом комплексе Аделаида соответственно. Диамиктиты названных формаций рассматриваются как классические ледниковые отложения эпохи Марино и сопоставляются с диамиктитами формации Гауб Намибии, формации Наньто Китая и формации Коттон архипелага Тасмания (о. Королевский) (Calver, Walter, 2000; Walter et al., 2000). Внутрорегиональные и межрегиональные корреляции названных формаций выполнены с привлечением метода Sr- и C-изотопной хемостратиграфии, которая дает возможность на основе отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  и величины  $\delta^{13}\text{C}$  в карбонатных породах различать доэдиакарские и постэдиакарские отложения. Главной предпосылкой этому служит глобальный рост отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в позднепротерозойском океане в интервале 660–560 млн. лет (Кузнецов и др., 2003, 2006). Что касается вариаций изотопного состава C в океане эдиакарского времени, то несколько отрицательных и положительных экскурсов  $\delta^{13}\text{C}$  также имели глобальный характер и проявлены в карбонатных отложениях многих континентов (Saylor et al., 1998; Семихатов и др., 2004; Halverson et al., 2007; Melezhik et al., 2009). Возраст оледенения Марино установлен на основании U-Pb датировок вулканогенных цирконов из пеплов внутри диамиктитов Гауб ( $635 \pm 1.2$  млн. лет; Hoffmann et al., 2004) и из туфов в кровле формации Наньто ( $635 \pm 0.6$  млн. лет; Condon et al., 2005). Однако возраст цирконов из силла, заключенного в диамиктитах Коттон, значи-



**Рис. 1.** Положение комплексов крупных акантоморфных микрофоссилий пертатаакского типа в верхнепротерозойских осадочных последовательностях и их соотношение с горизонтами тиллитов и слоями с эдиакарской фауной. Возрастные границы криогений—эдиакарий (635 млн. лет) и эдиакарий—кембрий (542 млн. лет) показаны согласно рекомендациям Международной подкомиссии по стратиграфии докембрия (Oggs et al., 2008). 1 — отложения, содержащие эдиакарскую фауну; 2 — отложения с эдиакарскими комплексами акантоморфной палинофлоры; 3 — отложения, несущие следы оледенений (тиллиты, диамиктиты); 4–8 — изотопные датировки пород и минералов, млн. лет; 9 — возраст осадочных фосфоритов, 8 — Rb–Pb возраст иллита, 9 — верхнерифейский комплекс микрофоссилий с *Trachyhustrichosphaera*; 10–13 — зональная шкала эдиакарского комплекса акантоморфной палинофлоры по данным К. Грей (Grey, 2005); 10 — зона *Appendisphaera barbata*/*Alicospheraedium medusoidum*/*Gyalosphaeridium pulchrum* (Ab–Am–Cp), 11 — зона *Tanarium conoideum*/*Schizofusa pisotia*/*Variomargarosphaeridium litoschum* (Tc–Sr–Vl), 12 — зона *Tanarium irregulare*/*Ceratospaeridium glaberosum*/*Multifronsphaeridium retortium* (Tl–Cg–Mp), 13 — зона *Ceratospaeridium mirabile*/*Distosphaera australica*/*Apodastoides verobitatus* (Cm–Da–Av).

тельно моложе и равен  $575 \pm 3$  млн. лет (U-Pb метод; Calver et al., 2004). Корреляция формаций Олимпик и Элатина с географически близкими диамиктитами формации Коттон позволила К. Грей и К. Калверу предложить узкий возрастной интервал распространения биоты пертататакского типа в Австралии от 575 до 565 млн. лет (Grey, Calver, 2007). Однако если придерживаться классической схемы межрегиональной корреляции, то диамиктиты формаций Олимпик и Элатина будут соответствовать эпохе Марино, а следовательно, предложение австралийских специалистов о диапазоне вертикального распространения пертататакских микрофоссилий поспешно. Имеющиеся изотопно-геохронологические данные позволяют выделить лишь широкий интервал от 635 до 560–550 млн. лет, внутри которого распространены рассматриваемые акритархи в Австралии.

Наиболее строгие возрастные рамки для биоты пертататакского типа установлены в отложениях формации Доушаньто Южного Китая (рис. 1). Эта формация в основании содержит два прослоя вулканических пеплов, разделенных 4-метровой пачкой доломитов. U-Pb возраст цирконов из пеплов первого прослоя равен  $635 \pm 0.6$  млн. лет, а из второго —  $632 \pm 0.5$  млн. лет (Condon et al., 2005). Верхняя подсвета формации Доушаньто содержит два горизонта пластовых фосфоритов — в основании и в кровле. Изохронный Pb-Pb возраст фосфоритов из нижнего горизонта равен  $599 \pm 4$  млн. лет (Varfod et al., 2002), а из верхнего —  $576 \pm 14$  млн. лет (Chen et al., 2004). Датировка  $576 \pm 14$  млн. лет получена из отложений, содержащих последних в формации Доушаньто представителей микрофоссилий пертататакского типа. Эта датировка отражает время раннего диагенеза фосфатных осадков и в пределах ошибок определения совпадает со временем седиментации. В 1 м от кровли формации Доушаньто залегает третий прослой вулканических туфов, расположенный стратиграфически выше области распространения рассматриваемых микрофоссилий. U-Pb возраст цирконов, выделенных из этого прослоя, составляет  $551 \pm 0.7$  млн. лет (Condon et al., 2005). Таким образом, в Южном Китае отложения, содержащие эдиакарские акантоморфные микрофоссилии, формировались в интервале от  $635 \pm 0.6$  до  $576 \pm 14$  млн. лет.

В верхнепротерозойских отложениях Южной Норвегии некоторые таксоны акантоморфных акритарх пертататакского типа присутствуют в формации Бископаз серии Хедмарк стратиграфически ниже тиллитов Моилв (Spjeldnaes, 1963, 1967; Vidal, 1990), что, на первый взгляд, выбивается из общей последовательности событий (рис. 1). Однако с учетом имеющихся датировок возраст вмещающих отложений также попадает в уже обозначенный диапазон. Так, на юге трога Осен-Роа формация Бископаз подстилается мощной толщей тонкозернистых пород формации Броттум, аналогом которой на се-

вере трога Осен-Роа являются алевриты формации Рендален. В отложениях последней было обнаружено несколько генераций обломочных цирконов, U-Pb возраст наиболее молодой из них равен  $620 \pm 14$  млн. лет (Bingen et al., 2005). Стратиграфически выше формации Бископаз залегают диамиктиты формации Моилв, возраст которых определяется на основании корреляции с ледниковыми отложениями формаций Смальфьорд и Мортенес в разрезах полуострова Варангер Северной Норвегии (Nystuen, Siedlecka, 1988). Формирование генераций крупнозернистого иллита в аргиллитах формаций Ниборг и Стаппогиедде, перекрывающих диамиктиты формаций Смальфьорд и Мортенес соответственно, происходило около 560 млн. лет назад (Rb-Sr метод; Gorokhov et al., 2001). Если эти корреляции корректны, то формация Бископаз с акантоморфными акритархами может быть моложе 620 и древнее 560 млн. лет.

В разрезах эдиакарских отложений Шпицбергена и Индии геохронологических датировок возраста пока нет. Здесь положение комплексов, содержащих акантоморфные микрофоссилии пертататакского облика, можно оценить только относительно известных глобальных событий (рис. 1). На Шпицбергене эти комплексы появляются в нижней части серии Скошиа значительно выше тиллитов Феррьер и Эльбобреен (Knoll, 1992), а в Индии такие таксоны установлены в породах формации Ифракрал ниже первых находок вероятных остатков эдиакарской фауны (Tiwar, Knoll, 1994).

В России на севере Русской плиты биота пертататакского типа встречается в терригенных отложениях вычегодской свиты, залегающей стратиграфически ниже верховской и зимнегорской свит Юго-Восточного Беломорья (рис. 1). U-Pb возраст цирконов из вулканических пеплов верховской свиты равен  $558 \pm 1$  млн. лет (Гражданкин, 2003), а из пеплов вышележащей зимнегорской свиты —  $555 \pm 0.3$  млн. лет (Martin et al., 2000). Таким образом, минимальный возрастной предел распространения вендских акантоморфных акритарх на Русской плите составляет около 560 млн. лет. Точный диапазон существования акантоморфных микрофоссилий пертататакского типа установить пока невозможно, хотя он бесспорно заключен внутри интервала 635–560 млн. лет. Этот интервал отвечает раннему венду РСШ (Региональная стратиграфическая шкала) или нижней части эдиакария МСШ.

#### ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ И СТЕПЕНЬ ИЗУЧЕННОСТИ ЭДИАКАРСКИХ МИКРОБИОТ

Наиболее разнообразны эдиакарские микробиоты Австралии, Китая и Восточно-Европейской платформы. В составе австралийских комплексов пертататакских акритарх описано около 40 родов и 70 видов (Zang, Walter, 1992; Zang, 1996; Grey, 2005;

Grey, Calver, 2007; Willman, Moczyłowska, 2008), а из китайской формации Доушаньто известно 26 родов и 34 вида (Zhang et al., 1998; Xunlai, Hofmann, 1998; Zhou et al., 2007). Богатые комплексы недавно найдены в Мезенской синеклизе Восточно-Европейской платформы. В их составе определено 49 видов, относящихся к 35 родам (в том числе 15 новых видов и 8 новых родов), и 6 форм, описанных в открытой номенклатуре (Вейс и др., 2006; Воробьева и др., 2006, 2008а; Vorob'eva et al., 2009). Из отложений серии Скошиа Шпицбергена описано 12 родов и 12 видов (Knoll, 1992). В Норвегии и Индии выявлены пока только отдельные таксоны (Vidal, 1990; Tiwari, Knoll, 1994). При этом китайские специалисты пока в большей степени акцентируют внимание на биологическом разнообразии уникальных ископаемых сообществ, а в Австралии, как уже отмечалось выше, весомая доля микрофитологических исследований направлена на решение биостратиграфических задач. Так, на основе анализа закономерностей распространения акритарх в эдиакарских отложениях внутренних бассейнов Австралии была разработана первая зональная шкала, близкая по принципам построения к фанерозойским биоэкологическим шкалам. Снизу вверх были выделены следующие зоны: I – *Appendisphaera barbata*/*Alicesphaeridium medusoidum*/*Gyalosphaeridium pulchrum* (Ab–Am–Gr), II – *Tanarium conoideum*/*Schizofusarisoria*/*Variomargosphaeridium litoschum* (Tc–Sr–Vl), III – *Tanarium irregulare*/*Ceratosphaeridium glaberosum*/*Multifronsphaeridium pelorium* (Ti–Cg–Mp) и IV – *Ceratosphaeridium mirabile*/*Distosphaera australica*/*Apodastoides verobtutus* (Cm–Da–Av) (Grey, 2005; Grey, Calver, 2007).

Насколько жизнеспособна предложенная шкала, пока трудно судить. На рис. 1 суммированы опубликованные данные по распространению зональных комплексов акритарх (Grey, 2005; Grey, Calver, 2007), наложенные на “классическую” схему стратиграфического сопоставления вмещающих отложений сопредельных регионов по материалу М.Р. Уолтера и др. (Walter et al., 2000). Самый “древний” зональный комплекс I на территории кратона Гаулер находится в верхней части формации Вонока, что, согласно схеме сопоставления отложений (Walter et al., 2000), приходится на уровень стратиграфически выше распространения более “молодых” комплексов акритарх в других районах. А две считающиеся синхронными формации Танана и Доломит Вилари в восточной части бассейна Оффисер (Walter et al., 2000) содержат таксономически различные комплексы. Есть и другие разночтения (рис. 1). Возможно, биостратиграфическое значение выделенных зон несколько преувеличено. В разных своих работах К. Грей по-разному корректирует сопоставление осадочных формаций (Grey, 2005; Grey, Calver, 2007), но для убедительной схемы все еще недостаточно палеонтологических данных.

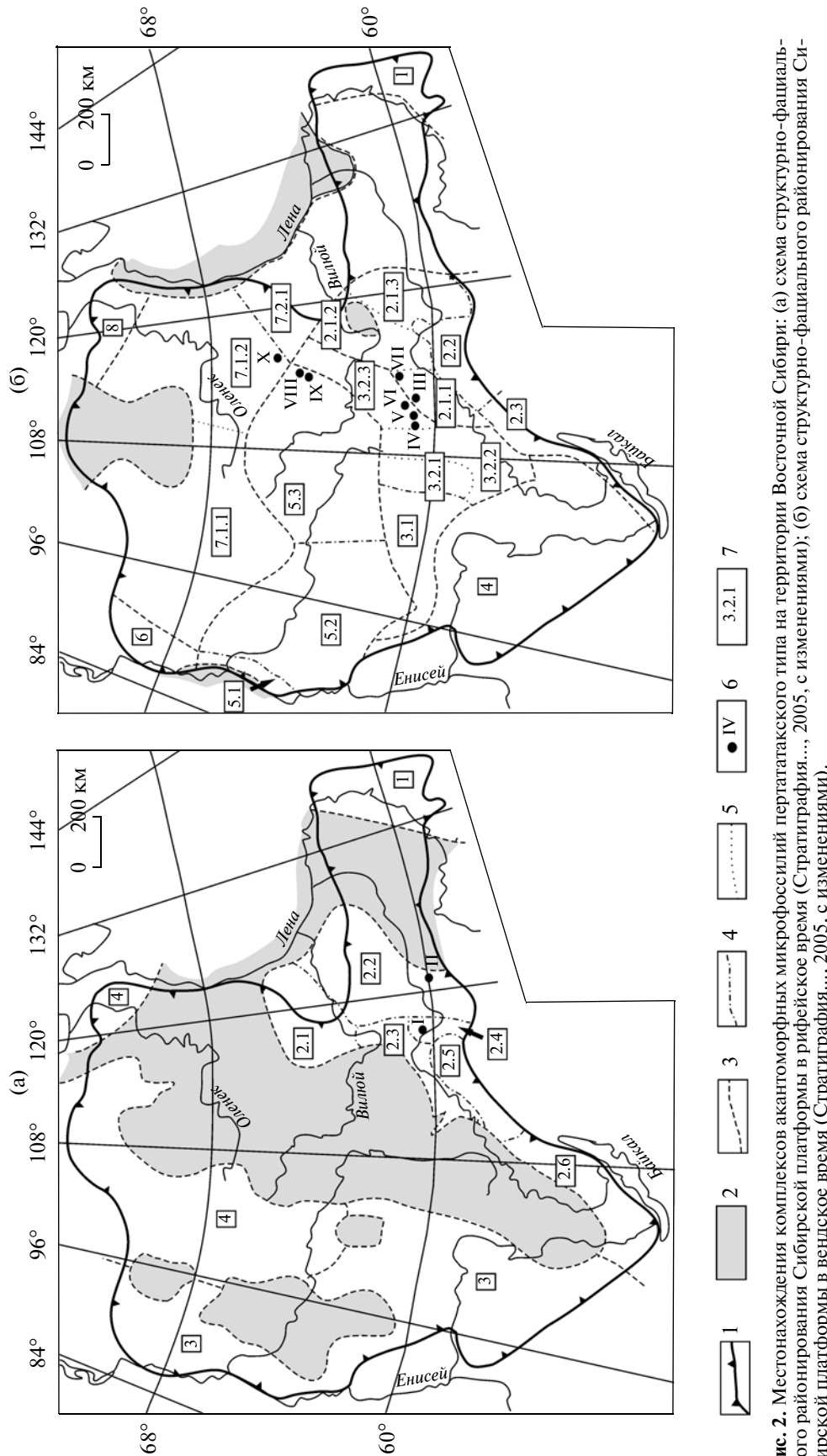
За пределами Австралии полная стратиграфическая последовательность предложенных акритарховых зон пока нигде не установлена, хотя элементы разных зональных комплексов уверенно распознаются. В китайской формации Доушаньто акритарховые зоны не выделены. На Русской плите в скважине Кельтминская-1, расположенной в Мезенской синеклизе в средней части вычегодской свиты (рис. 1), обнаружены отдельные таксоны первой зоны Ab–Am–Gr (Вейс и др., 2006; Воробьева и др., 2008а; Vorob'eva et al., 2009). Более разнообразный состав микрофоссилий пертататакского типа, соответствующий приблизительно двум средним зонам (Tc–Sr–Vl и Ti–Cg–Mp), выявлен в отложениях уринской свиты Патомского нагорья Восточной Сибири (Воробьева и др., 2008б; Голубкова, Кузнецов, в печати). Подробнее данные о сибирских комплексах акантоморфных акритарх рассматриваются в следующих разделах.

### СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА: КРАТКИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЗОР И СТРАТИГРАФИЯ ВЕНДА

Обширные сведения о строении и расчленении отложений рифея и венда Сибирской платформы приведены в недавно опубликованном крупном издании по стратиграфии нефтегазоносных бассейнов Сибири (Стратиграфия..., 2005).

Рифейские образования, слагающие нижний структурный ярус осадочного чехла Сибирской платформы, на больших территориях внутренних районов размывы во время позднерифейско-ранневендского перерыва. Вендские отложения, за исключением Анабарского и Алданского щитов, распространены на Сибирской платформе повсеместно (Стратиграфия..., 2005). В грубом обобщении осадочная последовательность венда сложена преимущественно терригенными породами, сменяющимися вверх по разрезу карбонатно-терригенными, карбонатными, а местами и соленосными толщами. Унаследованность палеоструктур и обилие разных источников сноса осадочного материала обусловили сложную структурно-фациальную зональность вендских отложений Сибири, проявляющуюся в резком изменении литологического состава разновозрастных отложений, нередко происходящем на коротких дистанциях (Стратиграфия..., 2005).

Так, на схеме фациального районирования Сибирской платформы выделяются восемь крупных структурно-фациальных регионов, в которых венд представлен в разном объеме. В составе этих регионов обособляются 16 районов и 28 зон (Стратиграфия..., 2005), часть из которых показана на рис. 2. Поскольку обсуждаемые в работе акантоморфные микрофоссилии происходят из осадков, отвечающих (по преобладающим в настоящее время взгля-



**Рис. 2.** Местонахождения комплексов акантоморфных микрочисел пертагатского типа на территории Восточной Сибири: (а) схема структурно-фациального районирования Сибирской платформе в рифейское время (Стратиграфия..., 2005, с изменениями); (б) схема структурно-фациального районирования Сибирской платформе в вендское время (Стратиграфия..., 2005, с изменениями).

1 – граница Сибирской платформе; 2 – отсутствие рифейских отложений на рис. 2а и отсутствие вендских отложений на рис. 2б; 3 – граница фациальных регионов; 4 – граница фациальных районов; 5 – граница фациальных зон; 6 – местонахождения рассматриваемых комплексов микрочисел; 1 – разрез по р. Ура, II – скв. Торга-1, III – скв. Озерная-761, IV – скв. Западная-741, V – скв. Пелейдуйская-750, VI – скв. Ограднинская-3141, VIII – скв. Накынская-2950, IX – скв. Дюданская-2910, X – скв. Эйриская-3430; 7 – индексы фациальных регионов, районов и зон.  
 (а): 1 – Учуро-Майский район; 2 – Байкало-Патомский район; 2.1 – Средневилюйский район; 2.2 – Березовский район; 2.3 – Предлагомский район; 2.4 – Жуинско-Ленский район; 2.5 – Витимо-Чайский район; 2.6 – Байкальский район; 3 – Енисейский район; 4 – Анабарский регион.  
 (б): 1 – Учуро-Майский район; 2 – Байкало-Патомский район; 2.1 – Нюйско-Пелейдуйская зона; 2.1.1 – Катангский район; 2.1.2 – Вилючанская зона; 2.1.3 – Березовская зона; 2.2 – Патомский район; 2.3 – Байкальский район; 3 – Катангско-Богубинский регион; 3.1 – Катангский район; 3.2 – Непско-Ботуобинский район; 3.2.1 – Гаженская зона; 3.2.2 – Приленско-Непская зона; 3.2.3 – Богубинская зона; 4 – Ангарский район; 5 – Турухано-Сюджерский регион; 5.1 – Туруханский район; 5.2 – Бахтинский район; 5.3 – Сюджерский район; 6 – Игаро-Норильский район; 7 – Анабаро-Алданский регион; 7.1 – Анабарский район; 7.1.1 – Котуйская зона; 7.1.2 – Куонамская зона; 7.2.1 – Алданский район, Синская зона; 8 – Оленекский район.

дам) верхам рифея, на рис. 2а приведена схема общепринятого фациального районирования отложений рифея с указанием районов развития разрезов, содержащих данные палеонтологические объекты (комплексы микрофоссилий I и II, рис. 2а). Очевидно, что изменение мнения о возрасте рассматриваемых микрофоссилий влечет за собой пересмотр существующих представлений о геологическом развитии в позднем рифее–раннем венде Восточной Сибири и о фациальном районировании соответствующих отложений. Решение этих проблем в рамках данной статьи невозможно. Поэтому в качестве геологической основы в статье использованы принятые на сегодняшний день стратиграфические и структурно-фациальные схемы внутренних районов Сибирской платформы и ее обрамления (Стратиграфия..., 2005).

В стратиграфической схеме, утвержденной Межведомственной стратиграфической комиссией в 1988 г. в составе вендских отложений внутренних районов Сибирской платформы были выделены три региональных горизонта – непский, тирский и даниловский, но верхняя часть последнего (юряхский подгоризонт) была отнесена к нерасчлененному интервалу венда–нижнего кембрия (Решения..., 1989). Последующие стратиграфические исследования позволили детализировать эту схему, выделив в объеме венда нижний и верхний отделы (Хоментовский и др., 1998а). К нижнему отделу был отнесен фаунистически неохарактеризованный непский горизонт, а в верхнем отделе установлены два яруса – эдиакарский и немакит-далдынский, в последнем из которых по смене комплексов мелко-раковинной фауны выделены зоны *A. trisulcatus* и вышележащая *P. antiqua*. Согласно этим построениям, граница венда и нижнего кембрия проводится внутри юряхского подгоризонта в основании зоны *N. sunnangenicus* (Хоментовский и др., 1998а). Однако такой вариант стратиграфического расчленения венда Сибирской платформы (рис. 3) трудно сопоставим как с ОСШ, так и с МСШ.

Граница венда и кембрия, утвержденная Международной стратиграфической комиссией по первому появлению ихнофоссилий *Trichophycus pedum* (Braiser et al., 1994; Landing, 1994; Gehling et al., 2001), на Сибирской платформе имеет, как минимум, три разных варианта решения, хотя официально эту границу предложено проводить в подошве немакит-далдынского яруса, включая его в состав

кембрия в качестве базального четвертого отдела (Babcock et al., 2005; Peng, 2006; Peng et al., 2006). Однако реальных критериев проведения этой границы в осадочных сериях Сибири в настоящее время не существует. Геохронологические исследования вендских и нижнекембрийских отложений Сибири могли бы обеспечить более достоверную корреляцию Региональной, Общей и Международной стратиграфических шкал, но пока число таких исследований невелико. Вследствие этого серьезным вкладом в решение данной проблемы могут служить результаты биостратиграфических работ.

## МАТЕРИАЛ

Микробиоты, содержащие микрофоссилии пертататакского типа, приурочены к отложениям разных структурно-фациальных зон Сибирской платформы и ее юго-восточного обрамления, расположенных восточнее 106° в.д. Западнее ни в одной из описанных микробиот вендского возраста такие акритархи не были обнаружены. Поэтому в настоящей работе обсуждается только тот материал, который происходит из разрезов Непско-Ботубинского, Предпатомского, Сюджерского, Анабарского, Жуинско-Ленского и Березовского районов (рис. 2, 3).

В основу статьи легли сведения, полученные из литературных источников, и результаты авторского изучения рабочих палеонтологических коллекций В.А. Рудавской и новых коллекций Е.Ю. Голубковой и Е.Г. Раевской. Коллекции В.А. Рудавской по Сюджерскому и Анабарскому районам хранятся в Палеонтологическом музее ВНИГРИ, а по Непско-Ботубинскому, Предпатомскому и Жуинско-Ленскому районам – в лаборатории стратиграфии ИГГД РАН.

## РЕЗУЛЬТАТЫ МИКРОФИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### *Непско-Ботубинский и Предпатомский районы*

Непско-Ботубинский и Предпатомский районы входят в состав крупного Катангско-Ботубинского региона внутренней части Сибирской платформы и характеризуются наиболее полной последовательностью вендских осадочных толщ (рис. 2 и 3).

**Рис. 3.** Положение комплексов микрофоссилий, содержащих акритархи пертататакского типа, в верхнекембрийских отложениях Восточной Сибири: (а) фрагмент стратиграфической схемы рифея Байкало-Патомского региона по данным, приведенным в работе (Стратиграфия..., 2005); (б) фрагмент стратиграфической схемы венда восточной части Сибирской платформы по данным авторов статьи.

1 – ранее описанные комплексы микрофоссилий; 2 – комплексы микрофоссилий, анализируемые в настоящей статье. Н-2950 – скважина Накынская-2950; Э-3430 – скважина Эйкская-3430. ОСШ – Общая стратиграфическая шкала, РСШ – Региональная стратиграфическая шкала.





В период интенсивных буровых исследований 1980-х годов, связанных с разработкой газонефтяных месторождений Непско-Ботубинской антеклизы, в более чем двадцати скважинах было обнаружено своеобразное сообщество крупных акантоморфных акритарх, приуроченное к глинистым отложениям непского горизонта и описанное как комплекс ПБ (Волкова и др., 1980; Пятилетов, 1980; Файзулина и др., 1982; Рудавская, 1985; Рудавская, Кокоулин, 1985; Рудавская, Васильева, 1989; Решение..., 1986; Колосова, 1990, 1991 и др.).

Возраст этого комплекса оставался предметом острых дискуссий довольно долгое время. Большинство специалистов считали, что обнаруженные шиповатые оболочки должны быть отнесены к разным видам рода *Baltisphaeridium* (*B. acuminatum*, *B. strigosum*, *B. varium*, *B. primarium* и *B. pilosiusculum*), на основании чего весь комплекс был сопоставлен с люкатинским комплексом нижнего кембрия Восточно-Европейской платформы (Волкова и др., 1980; Рудавская, 1985; Рудавская, Кокоулин, 1985; Moczyłowska, Vidal, 1988; Рудавская, Васильева, 1989 и др.). Однако существовала особая точка зрения В.Г. Пятилетова, считавшего, что на Сибирской платформе виды рода *Baltisphaeridium* появляются ниже, чем на Восточно-Европейской платформе, уже в докембрийских (юдомских) отложениях (Пятилетов, 1980; Хоментовский и др., 1986). Этот взгляд разделяла и С.П. Колосова (1990, 1991), но в силу различий сибирских и восточно-европейских видов по размеру и характеру выростов она предложила выделить сибирские формы в новый род *Tanarium*, куда были включены *Tanarium conoideum* (описанный ранее как *Baltisphaeridium primarium*), *T. densum* и *T. perfectum* (= *Baltisphaeridium strigosum*). Спустя несколько лет наиболее представительные из акантоморфных микрофоссилий Якутии были переизучены М. Мочадловской с соавторами и сопоставлены с формами, распространенными в вендской (эдиакарской) формации Пертататака в Австралии. Крупные оболочки с выростами были отнесены к трем родам (*Appendisphaera*, *Cavaspina* и *Tanarium*), и вся ассоциация сибирского комплекса ПБ была признана поздненендской (Moczyłowska et al., 1993). При всей значимости этой публикации, рассматриваемый комплекс получил неверную возрастную трактовку.

Для того чтобы собрать воедино палеонтологическую характеристику отложений непского горизонта и уточнить диапазон пространственно-хронологического распространения комплекса ПБ, авторами настоящей статьи были заново рассмотрены рабочие коллекции В.А. Рудавской и изучены новые препараты, изготовленные из имеющихся образцов керн. Предварительные результаты этой работы были изложены в коротких сообщениях (Golubkova, Raevskaya, 2004; Голубкова, Раевская, 2007). Здесь мы приводим фактические сведения по пяти скважинам (Пелейдуйская-750, Западная-741, Западная-742, Озерная-761 и Отраднинская-3141). Согласно принятому фациальному районированию (Стратиграфия..., 2005) скважины Пелейдуйская-750, Западная-741 и Западная-742 расположены в южной части Ботубинской зоны Непско-Ботубинского района, а скважины Озерная-761 и Отраднинская-3141 – в Нюйско-Пелейдуйской зоне соседнего Предпатомского района (рис. 2).

На территории Ботубинской зоны отложения непского горизонта выделяются в объеме курсовской свиты (рис. 3), а в южной части зоны, благодаря общности разрезов с соседней Нюйско-Пелейдуйской зоной, непскому горизонту соответствуют талахская и паршинская свиты. Здесь в трех скважинах (Западная-741, Западная-742 и Пелейдуйская-750) акритархи присутствуют в аргиллитах паршинской свиты и не встречаются ни в подстилающих, ни в перекрывающих отложениях.

В скважине Западная-741 микрофоссилии встречены на глубине 1820 м и в интервале 1802–1813 м. На глубине 1820 м, на фоне численно преобладающих морфологически примитивных транзитных форм *Leiosphaeridia minutissima*, *L. tenuissima* и *L. jacutica*, встречены оболочки с выростами *Appendisphaera grandis*, *A. tenuis*, *Ceratosphaeridium glaberosum*, *Tanarium paucispinosum*, *Lophosphaeridium* sp. (табл. II, фиг. 4), ?*Cavaspina* sp. (табл. II, фиг. 3), а также овальные *Brevitrichoides bashkiricus*, двухслойные *Pterospermopsimorpha insolita* и нитчатые ?*Polytrichoides* sp., *Talakania obscura*, *Siphonophycus robustum*, *Siphonophycus* sp., *Oscillatoriopsis* sp., а также шагреневые нити. Вызывают интерес обнаруженные здесь же оболочки с многократно ветвящимися тонкими, возможно анастомозирующими выростами, которые образуют нерегулярную сетку или срастаются в причудливую спутанную

**Таблица I.** Микрофоссилии паршинской свиты непского горизонта Нюйско-Пелейдуйской зоны Непско-Ботубинского района, нижний венд.

1 – *Appendisphaera grandis* Moczyłowska, Vidal et Rudavskaya; скв. Западная-741, гл. 1802–1813 м, обр. 276, пр. (препарат) 1911/1; 2 – *Appendisphaera tenuis* Moczyłowska, Vidal et Rudavskaya; скв. Озерная-761, гл. 1876–1884 м, обр. 211, пр. 1954/1; 3 – ?*Cavaspina* sp.; скв. Западная-742, гл. 1894–1887 м, обр. 32, пр. 2122/3; 4 – *Echinosphaeridium* cf. *E. triangulum* Zang in Zang et Walter; скв. Озерная-761, гл. 1876–1884 м, обр. 211, пр. 1954/5; 5, 6 – “*Appendisphaera*” tabifica Moczyłowska, Vidal et Rudavskaya; скв. Западная-741, гл. 1820 м, обр. 741/12, пр. 12/14; 7 – *Torgia baculata* Kolosova; скв. Западная-741, гл. 1802–1813 м, обр. 277, пр. 1953/3; 8 – *Digitus parvus* Pjatiletov; скв. Озерная-761, гл. 1855.1–1863 м, обр. 217, пр. 1960/1.

Таблица I

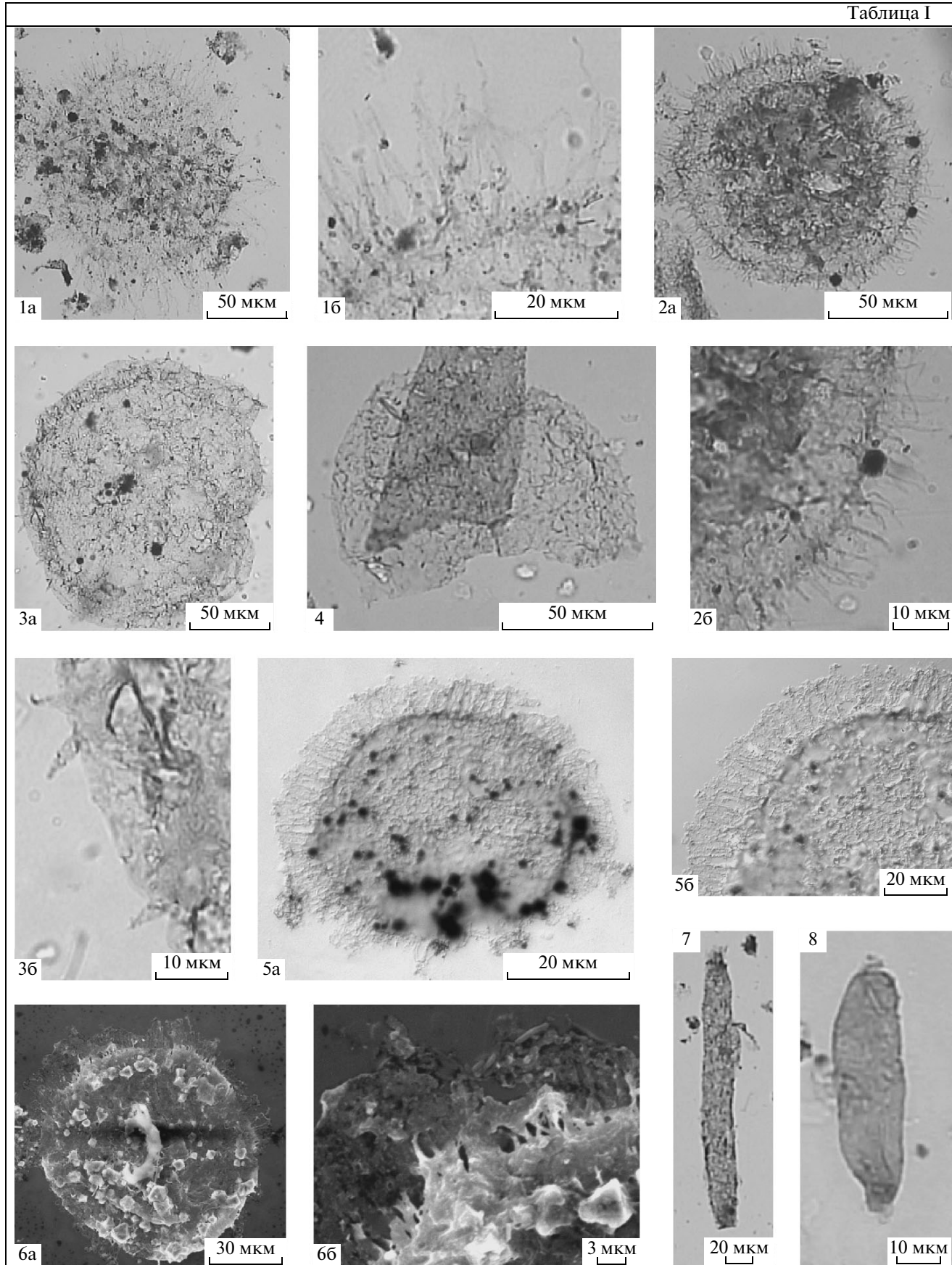
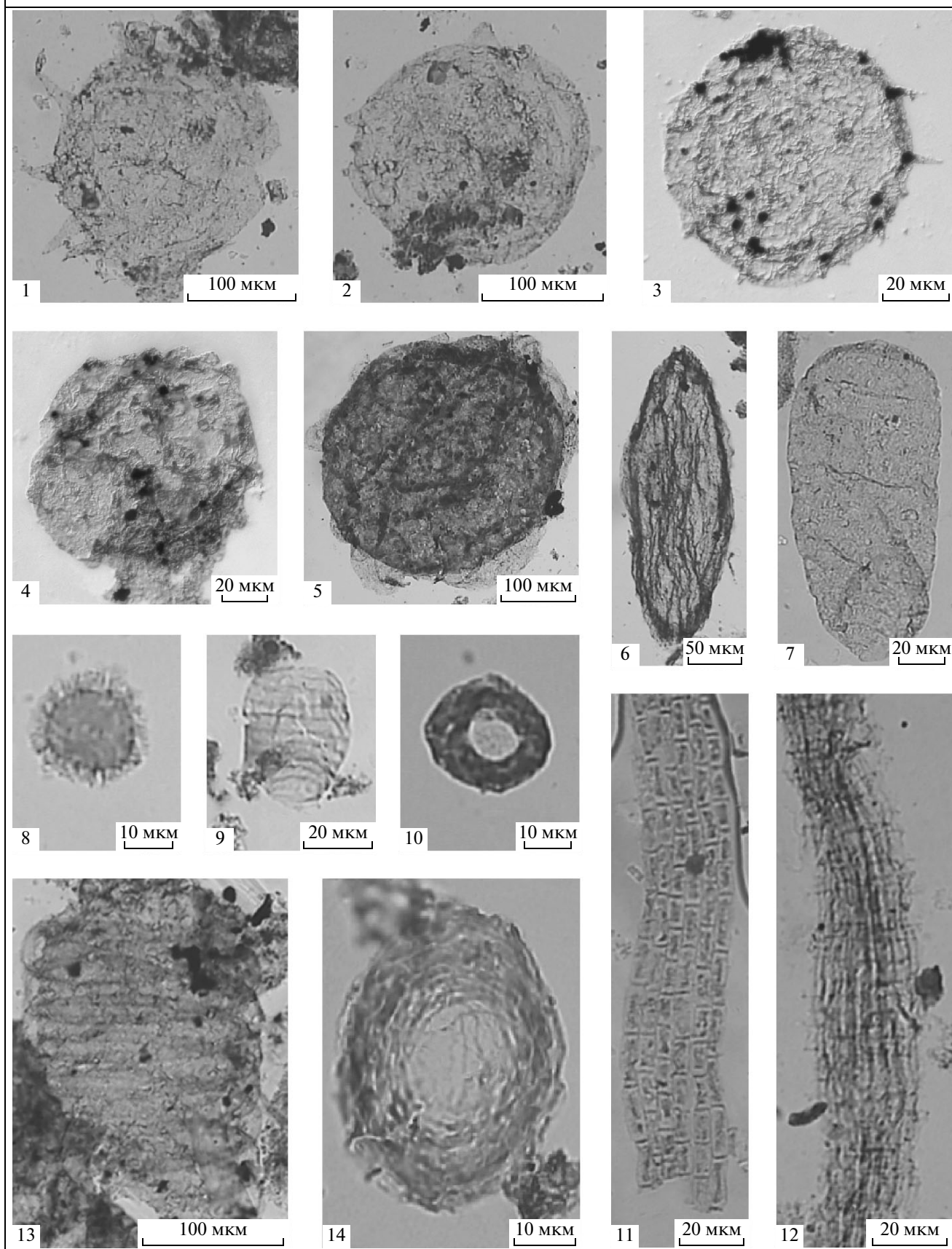


Таблица II



кайму (табл. I, фиг. 5, 6). Формы аналогичного строения распространены в отложениях серии Унгола, формаций Танана и Пертататака в Австралии, где они отнесены к роду *Appendisphaera* и описаны как разные виды: *A. barbata*, *A. centoreticulata* (Grey, 2005) и *A. tabifica* (Willman, Moczyłowska, 2008). В своей работе мы используем видовое название *tabifica* (по правилу приоритета), взяв род *Appendisphaera* в кавычки, поскольку не согласны с данной родовой принадлежностью. В соответствии с диагнозом род *Appendisphaera* характеризуется регулярно и довольно часто расположенными однотипными полыми выростами конической или цилиндрической формы со слегка расширенным основанием (Moczyłowska et al., 1993; Moczyłowska, 2005). На фотографиях новых, найденных в паршинской свите экземпляров (фотографии сделаны с помощью электронного сканирующего микроскопа) отчетливо просматривается совершенно другой тип орнаментации (табл. I, фиг. 6). Вопрос таксономии этих микрофоссилий будет решаться по мере поступления дополнительного палеонтологического материала.

В интервале 1802–1813 м в скважине Западная-741 обнаружены акантоморфные акритархи *Appendisphaera grandis*, *A. tenuis*, *Appendisphaera* sp. и *?Ericiasphaera* sp., оболочки *Pterospermopsisomorpha insolita*, *Leiosphaeridia minutissima*, *L. tenuissima*, *Brevitrichoides bashkiricus*, *Digitus fulvus* (табл. I, фиг. 8), веретеновидные *Torgia eleganta* (табл. I, фиг. 7), *Siphonophycus* sp., *Oscillatoriopsis* sp., *?Polytrichoides* sp., *Obruchevella* sp., *Glomovertella glomerata*.

В скважине Западная-742 акантоморфные микрофоссилии встречены в интервалах 1887–1894 и 1887–1879 м. В интервале 1887–1894 м содержатся *Appendisphaera tenuis*, “*Appendisphaera*” aff. “*A.*” *tabifica*, *?Cavaspina* sp., *Leiosphaeridia jacutica*, *L. minutissima*, *L. tenuissima*, *Navifusa majensis*, *?Polytrichoides* sp., *Siphonophycus* sp., шагреневые нити и вазоподобные образования. В интервале 1887–1879 м таксономический состав микрофоссилий обедняется. Здесь определены только *Leiosphaeridia minutissima*,

*L. tenuissima*, *Leiosphaeridia* spp. и нитчатые водоросли *?Polytrichoides* sp., *Siphonophycus robustum* и *Siphonophycus* sp.

В скважине Пелейдуйская-750 видовой состав микрофоссилий также неоднороден по вертикали. В интервале 1835–1837 м характерно присутствие акантоморфных акритарх *Appendisphaera* aff. *A. grandis* и *A. tenuis*, совместно с которыми обнаружены *Leiosphaeridia minutissima*, *L. tenuissima*, *Brevitrichoides bashkiricus* и формы неясного систематического положения Gen. et sp. indet. 1. Эти формы состоят из толстостенной внутренней и тонкостенной внешней оболочек, последняя из которых бессистемно отходит или отслаивается от внутренней, образуя своеобразные мешки или пузыри произвольного размера и формы (табл. II, фиг. 5). В дополнение к перечисленным микрофоссилиям комплекс содержит остатки нитчатых водорослей *?Polytrichoides* sp., *Siphonophycus* sp. и неопределимые шагреневые нити. В более высоких горизонтах разреза, в интервалах 1792–1796 и 1785–1792 м, сфероморфные акритархи отсутствуют, но в большом количестве встречаются нитчатые формы: *Siphonophycus robustum*, *Siphonophycus* sp., *Oscillatoriopsis longa* и *Oscillatoriopsis* sp.

В скважине Озерная-761 в аргиллитах паршинской свиты микрофоссилии обнаружены на трех уровнях: в интервалах: 1876–1884, 1863–1871 и 1855.1–1863 м. Наиболее представительный комплекс микрофоссилий выявлен в интервале 1876–1884 м, где определены многочисленные акантоморфные акритархи *Appendisphaera grandis*, *A. tenuis* (табл. I, фиг. 2), “*Appendisphaera*” *tabifica*, *Tanarium raucispinosum* (табл. II, фиг. 1), *T. tuberosum* (табл. II, фиг. 2) и овальные оболочки с продольными тяжами *Cucumiforma vanavaria* (табл. II, фиг. 6). Здесь также встречаются Gen. et sp. indet. 1, *Brevitrichoides bashkiricus* (табл. II, фиг. 7), *Leiosphaeridia atava*, *L. minutissima* и *L. tenuissima*, *?Polytrichoides* sp. (табл. II, фиг. 12), *Talakania obscura* (табл. II, фиг. 11), *Clavitrichoides rugosus*, *Obruchevella* aff. *O. magna* (табл. II, фиг. 13), *Oscillatoriopsis* sp. и *Siphonophycus* sp. В интервале 1863–1871 м обнаружены *Leiosphaeridia*

←  
Таблица II. Микрофоссилии паршинской свиты непского горизонта Нюйско-Пелейдуйской зоны Непско-Ботубинского района, нижний венд.

1 – *Tanarium raucispinosum* Grey; скв. Озерная-761, гл. 1876–1884 м, обр. 211, пр. 1954/1; 2 – *Tanarium tuberosum* Moczyłowska, Vidal et Rudavskaya; скв. Озерная-761, гл. 1876–1884 м, обр. 211, пр. 1954/1; 3 – *?Cavaspina* sp.; скв. Западная-741, гл. 1820 м, обр. 741/12, пр. 12/22; 4 – *Lophosphaeridium* sp.; скв. Западная-741, гл. 1820 м, обр. 741/21, пр. 12/22; 5 – Gen. et sp. indet. 1; скв. Озерная-761, гл. 1876–1884 м, обр. 210, пр. 1953/4; 6 – *Cucumiforma vanavaria* Mikhailova emend. Mikhailova; скв. Озерная-761, гл. 1876–1884 м, обр. 210, пр. 1953/3; 7 – *Navifusa marjensis* Pjatiletov; скв. Озерная-761, гл. 1876–1884 м, обр. 211, пр. 1954/2; 8 – *Paracrossosphaera dedalea* Rudavskaya in Tresthetenkova; скв. Озерная-761, гл. 1863–1871 м, обр. 216, пр. 1959/1; 9 – *Oscillatoriopsis* sp.; скв. Озерная-761, гл. 1855.1–1863 м, обр. 217, пр. 1960/1; 10 – *?Glomovertella* sp.; скв. Озерная-761, гл. 1863–1871 м, обр. 216, пр. 1959/1; 11 – *Talakania obscura* Kolosov; скв. Озерная-761, гл. 1876–1884 м, обр. 211, пр. 1954/1; 12 – *?Polytrichoides* sp.; скв. Озерная-761, гл. 1876–1884 м, обр. 210, пр. 1953/3; 13 – *Obruchevella* aff. *O. magna* Golovenoc et Belova; скв. Озерная-761, гл. 1876–1884 м, обр. 211, пр. 1954/1; 14 – *Glomovertella glomerata* (Jankauskas) Jankauskas; скв. Озерная-761, гл. 1855.1–1863 м, обр. 217, пр. 1960/1.

minutissima, *L. tenuissima*, *Navifusa majensis*, *Siphonophycus* sp., *Talakania obscura*, *Glomovertella glomerata* и кольцевидные образования с плотной стенкой, сходные с *Glomovertella* (табл. II, фиг. 10). Характерной особенностью этого уровня является присутствие мелких оболочек *Paracrassosphaera dedalea* (табл. II, фиг. 8). В интервале 1855.1–1863 м на фоне проходящих *Leiosphaeridia minutissima*, *L. tenuissima*, *Brevitrichoides bashkiricus*, *Talakania obscura*, ?*Polytrichoides* sp., *Siphonophycus* sp., *Oscillatoriopsis* sp. (табл. II, фиг. 9), *Glomovertella glomerata* (табл. II, фиг. 14) встречаются редкие *Appendisphaera tenuis*, а также гантелевидные и кольцевидные образования.

В скважине Отраднинская-3142 микрофоссилии установлены в пределах паршинской свиты на двух уровнях: в интервалах 2603–2604.5 и 2567–2570 м. В интервале 2603–2604.5 м распространены *Leiosphaeridia crassa*, *L. minutissima*, *L. tenuissima*, чехлы *Siphonophycus robustum*, *Siphonophycus* sp. и шагреневые нити. Отличительной характеристикой данного интервала является присутствие полигональных оболочек с ширококоническими выростами “*Polygonium*” *cratum* Zang in Zang et Walter, ?“*Polygonium*” sp. Данный вид был впервые описан в Австралии (Zang, Walter, 1992) из отложений формации Пертатаката и позднее найден в формации Доушаньто Китая (Zhang et al., 1998). Его родовая принадлежность с самого начала вызывала сомнения из-за несоответствия диагнозу, но, пока не проведена таксономическая ревизия, мы считаем название *Polygonium* более приемлемым. В указанных регионах этот вид встречается в тесной ассоциации с другими акантоморфными акритархами. В Сибири он найден впервые. Интервал 2567–2570 м менее насыщен микрофоссилиями. Кроме *Leiosphaeridia jacutica*, *L. minutissima*, *L. tenuissima*, *Leiosphaeridia ternata*, *Siphonophycus* sp., редких кольцевидных образований и шагреневых нитей, прочие микрофоссилии не найдены.

Таким образом, в пределах непского горизонта нижнего венда в разных фациальных зонах обособляются разные таксономические ассоциации микрофоссилий. По присутствию наиболее характерных таксонов их можно условно назвать ассоциаци-

ей с *Appendisphaera tenuis*—“*A.*” *tabifica*—*Talakania obscura* и ассоциацией с “*Polygonium*” *cratum*. Чем вызвано такое различие видового состава микрофоссилий по латерали, пока не ясно. Как уже говорилось выше, в других регионах (Австралия, Китай) указанные виды встречаются совместно. Кроме того, в составе непского горизонта прослеживается тенденция общего обеднения таксономического состава микрофоссилий по вертикали и замещение акантоморфных акритарх нитчатými водорослями. Очевидно, что эти изменения отражали динамику палеообстановок в бассейне, но без специальных палеофациальных исследований мы пока не можем охарактеризовать эти взаимосвязи.

### Сюгджерский район

Сюгджерский район входит в состав Туруханско-Сюгджерского региона (рис. 2) и включает юго-восточную часть Курейской синеклизы и Сюгджерскую седловину. Разрез венда Сюгджерского района представлен тирским и даниловским горизонтами. Первый сложен отложениями бюкской свиты, а второй охватывает успунскую, кудулахскую и юряхскую свиты (рис. 3). Породы нижнего венда (непский горизонт), судя по современной стратиграфической схеме расчленения венда Сибирской платформы, на территории Сюгджерского района отсутствуют (Решения..., 1989; Стратиграфия..., 2005). Однако полученные нами данные позволяют полагать, что в сокращенном виде отложения непского горизонта распространены в восточной части Сюгджерского района.

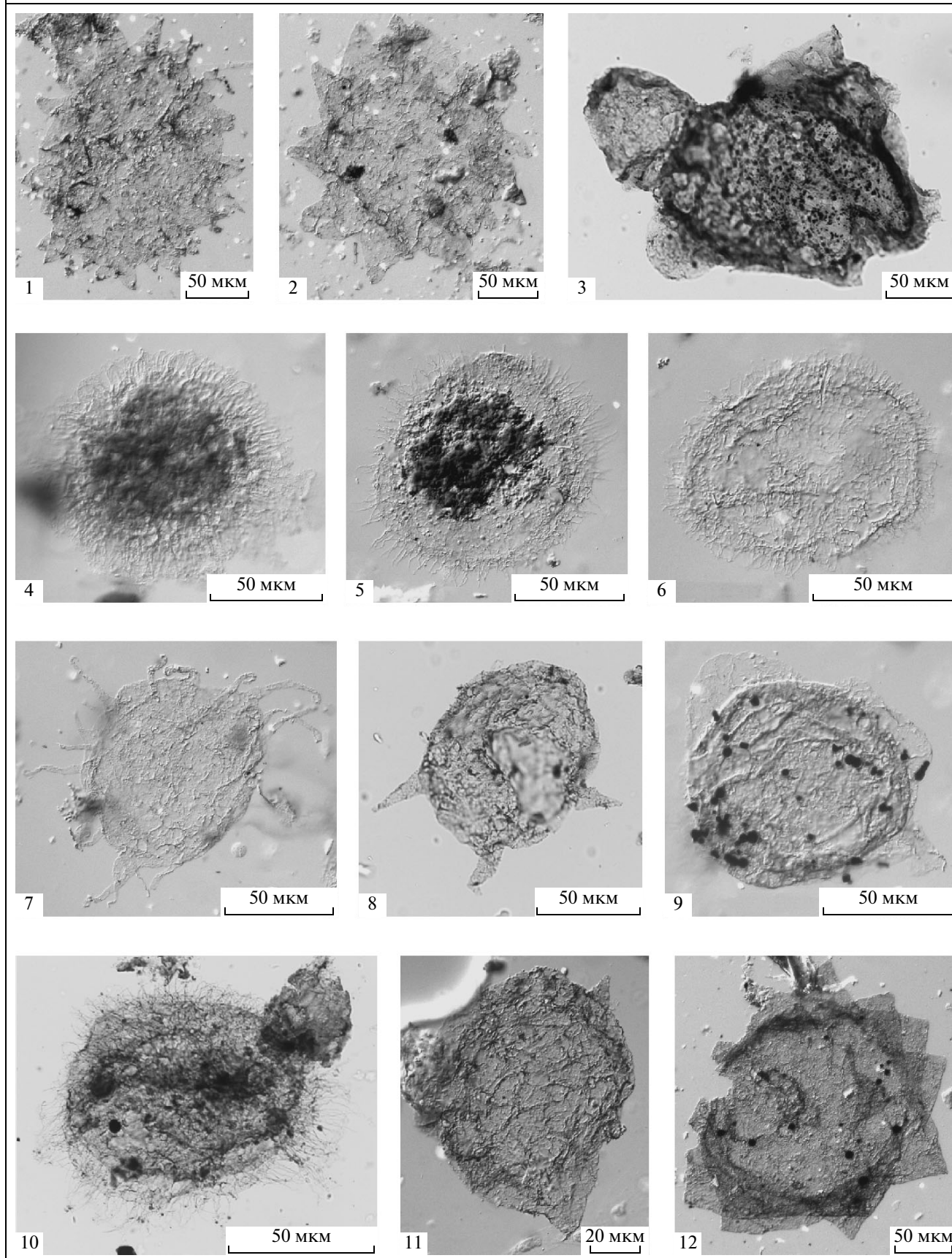
Микрофоссилии в Сюгджерском районе присутствуют в алевролитах нижней части разрезов скважин Дюданская-2910 и Накынская-2950, расположенных на границе с Ботубинской зоной Непско-Ботубинского района.

В скважине Накынская-2950 акритархи установлены в интервале 3062–3068 м и представлены следующими формами: *Appendisphaera grandis* (табл. III, фиг. 4), *A. tenuis*, “*Appendisphaera*” *tabifica*, *Pulvinosphaeridium* sp. (табл. III, фиг. 3), *Tanarium paucispinosum* (табл. III, фиг. 8), *Tanarium* sp., *Leiosphaeridia minutissima*, *Brevitrichoides bashkiri-*

**Таблица III.** Микрофоссилии паршинской свиты непского горизонта Ньюско-Пелейдуйской зоны Предпатомского района, ?непского горизонта Сюгджерского района и курсовской свиты непского горизонта Анабарского района, нижний венд.

1, 2 — “*Polygonium*” *cratum* Zang in Zang and Walter; скв. Отраднинская-3142, гл. 2603-2604.4 м, обр. 11: 1 — пр. 4354/1; 2 — пр. 4354/2; 3 — *Pulvinosphaeridium* sp.; скв. Накынская-2950, гл. 3062–3068 м, обр. 9, пр. 3748/1; 4, 10 — *Appendisphaera grandis* Moczyłowska, Vidal et Rudavskaya: 4 — скв. Накынская-2950, гл. 3062–3068 м, обр. 10, пр. 3747/3; 10 — скв. Эйикская-3430, гл. 2235–2241 м, обр. 32, пр. 4264/2; 5, 6 — *Appendisphaera tenuis* Moczyłowska, Vidal et Rudavskaya; скв. Дюданская-2910, гл. 3414.9–3420.3 м, обр. 16, пр. 3758/1; 7 — *Tanarium conoideum* (Kolossova) emend. Moczyłowska, Vidal et Rudavskaya; скв. Дюданская-2910, гл. 3414.9–3420.3 м, обр. 16, пр. 3758/1; 8 — *Tanarium paucispinosum* Grey; скв. Накынская-2950, гл. 3062–3068 м, обр. 9, пр. 3748/1; 9 — Gen. et sp. indet. 1; скв. Дюданская-2910, гл. 3414.9–3420.3 м, обр. 16, пр. 3758/1; 11 — *Tanarium tuberosum* Moczyłowska, Vidal et Rudavskaya; скв. Эйикская-3430, гл. 2235–2241 м, обр. 32, пр. 4264/2; 12 — “*Polygonium*” sp.; скв. Эйикская-3430, гл. 2241–2249 м, обр. 33, пр. 4265/1.

Таблица III



cus, *Talakania obscura* (табл. II, фиг. 11), *Clavitrichoides rugosus*, *Oscillatoriopsis* sp., ?*Glomovertella* sp., а также шагреневыми нитями и растительными пленками.

В скважине *Дюданская-2910* в интервале 3414.9–3420.3 м помимо *Appendisphaera grandis*, *A. tenuis* (табл. III, фиг. 5, 6), “*A*” *tabifica*, *T. conoideum* (табл. III, фиг. 7), *Tanarium* sp. обнаружены ?*Echinospaeridium* sp. и *Gen. et sp. indet. 1* (табл. III, фиг. 9), а также *L. jacutica*, *L. minutissima*, *L. tenuissima*, *V. bashkiricus*, *Siphonophycus* sp., *T. obscura*, *G. glomerata* и ?*Polytrichoides* sp.

Приведенный таксономический состав микрофоссилий, содержащихся в двух последних скважинах, близок к составу описанной выше ассоциации с *Appendisphaera tenuis*–“*A*” *tabifica*–*Talakania obscura* из Непско-Ботубинской антеклизы. Этот факт, скорее всего, свидетельствует в пользу принадлежности пород, вмещающих этот комплекс микрофоссилий, непскому горизонту. Не случайно подстилающие отложения бюксской свиты выделялись раньше в хамакинскую свиту (невалидную в настоящее время), которая входила в состав непского горизонта (фондовые материалы ВНИГРИ). В скважине *Накынская-2950* хамакинская свита была установлена в интервале 3082–3047 м. И мы считаем, что этот интервал разреза должен быть сопоставлен с непским горизонтом нижнего венда.

#### *Анабарский район*

Анабарский район охватывает территорию северной части Тунгусской синеклизы и большую часть Анабарской антеклизы и входит в состав обширного Анабаро-Алданского региона (рис. 2). На основании структурно-фациального районирования вендских отложений Сибирской платформы Анабарский район разделяется на западную – Котуйканскую и восточную – Куонамскую зоны. Для Анабарского района характерно отсутствие нижнего венда, и вендский разрез представлен только тирским (старореченская свита) и даниловским (манькайская свита) горизонтами (Стратиграфия..., 2005).

Рассматриваемый в статье комплекс микрофоссилий был обнаружен в скважине *Эйикская-3430*, которая расположена в пределах южной части Куонамской зоны (рис. 3) на границе с Синской зоной Алданского района и Ботубинской зоной Непско-Ботубинского района (рис. 2). Подобная близость к границам Ботубинской зоны определила сходство вендских отложений юга Куонамской зоны и большей части Ботубинской зоны. Поэтому в скважине *Эйикская-3430* выделяются не старореченская и манькайская свиты, типичные для Анабарского района, а характерные для Ботубинской зоны курсовская, бюкская, успунская, кудулахская

и юряхская свиты (Хоментовский и др., 1998а). Микрофоссилии обнаружены в породах курсовской свиты.

В интервалах 2241–2249 и 2235–2241 м в скважине *Эйикская-3430* присутствуют *Appendisphaera grandis* (табл. III, фиг. 10), *Tanarium tuberosum* (табл. III, фиг. 11), “*Polygonium*” sp. (табл. III, фиг. 12), *Gen. et sp. indet. 1*, *Brevitrichoides bashkiricus*, ?*Cucumiforma* sp., *Leiosphaeridia jacutica*, *L. crassa*, *L. minutissima*, *L. tenuissima*, *Siphonophycus* sp., ?*Glomovertella* sp., колбочковидные и палочковидные образования. Выше, в интервале 2223.1–2226.5 м, характерно преобладание нитчатых водорослей. На фоне редких *Leiosphaeridia minutissima* и *L. cf. L. tenuissima* здесь распространены *Siphonophycus robustum*, *Siphonophycus* sp., *Oscillatoriopsis longa* Tim. et Herm., *Oscillatoriopsis* sp. и кольцевидные образования, отнесенные к ?*Glomovertella* sp.

Выявленный комплекс микрофоссилий свидетельствует о принадлежности вмещающей курсовской свиты к нижнему венду Сибири.

#### *Жуинско-Ленский район*

Жуинско-Ленский район входит в состав обширного Байкало-Патомского региона южного обрамления Сибирской платформы (рис. 2), где развиты мощные осадочные толщи (дальнетайгинская и жуинская серии), рассматриваемые в настоящее время в качестве терминальных отложений верхнего рифея–байкалия (Стратиграфия..., 2005 и ссылки в этой работе). Однако помимо официально принятой существуют и другие точки зрения на стратиграфическое положение байкалия: его относят к среднему и верхнему рифею (Дольник, 2000 и ссылки в этой работе), к верхнему рифею (Файзуллин, 1998; Наговицин и др., 2004) и венду (Советов, Комлев, 2005; Летникова и др., 2006; Голубкова, Кузнецов, 2007).

Еще в начале 1980-х годов в аргиллитах уринской свиты, залегающих в верхней части дальнетайгинской серии байкалия (рис. 3), развитой на Патомском нагорье на р. Ура, была найдена уникальная по таксономическому разнообразию и сохранности биота (Пятилетов, 1983). Возрастная интерпретация этой биоты могла бы содействовать уточнению стратиграфии вмещающих ее отложений. Но выделенные микрофоссилии имели необычный облик, что вызвало замешательство специалистов. На фоне рифейских таксонов здесь были встречены якобы палеозойские формы и вендские виды пертататаского облика (Наговицин и др., 2004), а также большое количество оболочек сложной морфологии, неизвестных ранее на Сибирской платформе (Пятилетов, 1983; Хоментовский и др., 1998б; Файзуллин, 1998; Наговицин и др., 2004). Такой смешанный состав микрофоссилий уринской биоты



сначала объяснялся палеомывом палеозойских микроостатков в докембрийские толщи (Пятилетов 1983; Хоментовский, 1984). В дальнейшем в результате дополнительных таксономических исследований эта биота стала рассматриваться как специфическая микробиота промежуточного стратиграфического положения между позднерифейским (лахандинским) и вендским уровнями, отражающая самостоятельный эволюционный этап развития микрофлоры (Наговицин и др., 2004). Однако сделанные недавно новые находки разнообразных сложно орнаментированных акритарх из отложенной уринской свиты были уверенно интерпретированы как вендские (Голубкова, Кузнецов, 2007; Воробьева и др., 2008б), а те таксоны, которые первыми исследователями были определены как “позднерифейские” (*Trachyhystrichosphaera*, *Palaeovaucheria*) и “палеозойские” (*Lophodiacrodium*, *Ooidium*, *Polygonium*, *Veryhachium*), были признаны недействительными из-за несоответствия их строения диагнозу родов. Подробный анализ биостратиграфической характеристики отложений байкалия с обсуждением таксономии микрофоссилий изложен в работе Е.Ю. Голубковой и А.Б. Кузнецова (в печати).

Наиболее многочисленную и характерную часть уринской биоты составляют микрофоссилии, представленные средне- и крупноразмерными акритархами, несущими выросты разных типов. Здесь определены *Appendisphaera minuta*, *Cavaspina acuminata*, *Eotylotopalla* aff. *E. delicata*, “*Goniosphaeridium*” *digitiforme*, “*G.*” *urium*, *Gyalosphaeridium minutum*, *Tanarium conoideum* и некоторые другие (Наговицин и др., 2004). Вместе с ними присутствует большое количество полигональных форм от простых треугольных оболочек (“*Veryhachium* sp.”) и форм неясного и невыдержанного очертания (“*Polygonium* sp.”) до более сложных, отнесенных к новому виду *Tanarium stellatum* (Наговицин и др., 2004).

В процессе работы над данной статьей авторами были изготовлены дополнительные препараты из коллекционного каменного материала А.В. Соचाва, собранного во время полевых работ 1989 г. в разрезе на р. Ура (правый берег, близ устья). Из шести образцов, отобранных из 20-метровой песчано-аргиллитовой пачки в средней части уринской свиты, только два (984-6 и 984-7), взятых в 3.5 м друг от друга, содержали микрофоссилии хорошей сохранности. Среди них были установлены *Multifronsphaeridium pelorium* (табл. IV, фиг. 9), ?*Variomargosphaeridium litoschum* (табл. IV, фиг. 7), *Dicrospinasphaera virgata* (табл. IV, фиг. 8), *Ceratosphaeridium* cf. *C. glaberosum* (табл. IV, фиг. 1), *Ericiasphaera* aff. *E. adspersa* (табл. IV, фиг. 6), ?*Sinosphaera rupina* (табл. IV, фиг. 5), *Lophosphaeridium* sp. и упомянутые ранее *Tanarium conoideum*, *Cavaspina acuminata*, “*Goniosphaeridium*” *digitiforme* (табл. IV, фиг. 3), “*Polygo-*

*nium*” sp. (отнесенные нами к Gen. et sp. indet 2, табл. IV, фиг. 4), а также некоторые формы, таксономическое положение которых будет определено в процессе последующих работ. Присутствие позднерифейских и достоверных палеозойских таксонов пока не подтвердилось.

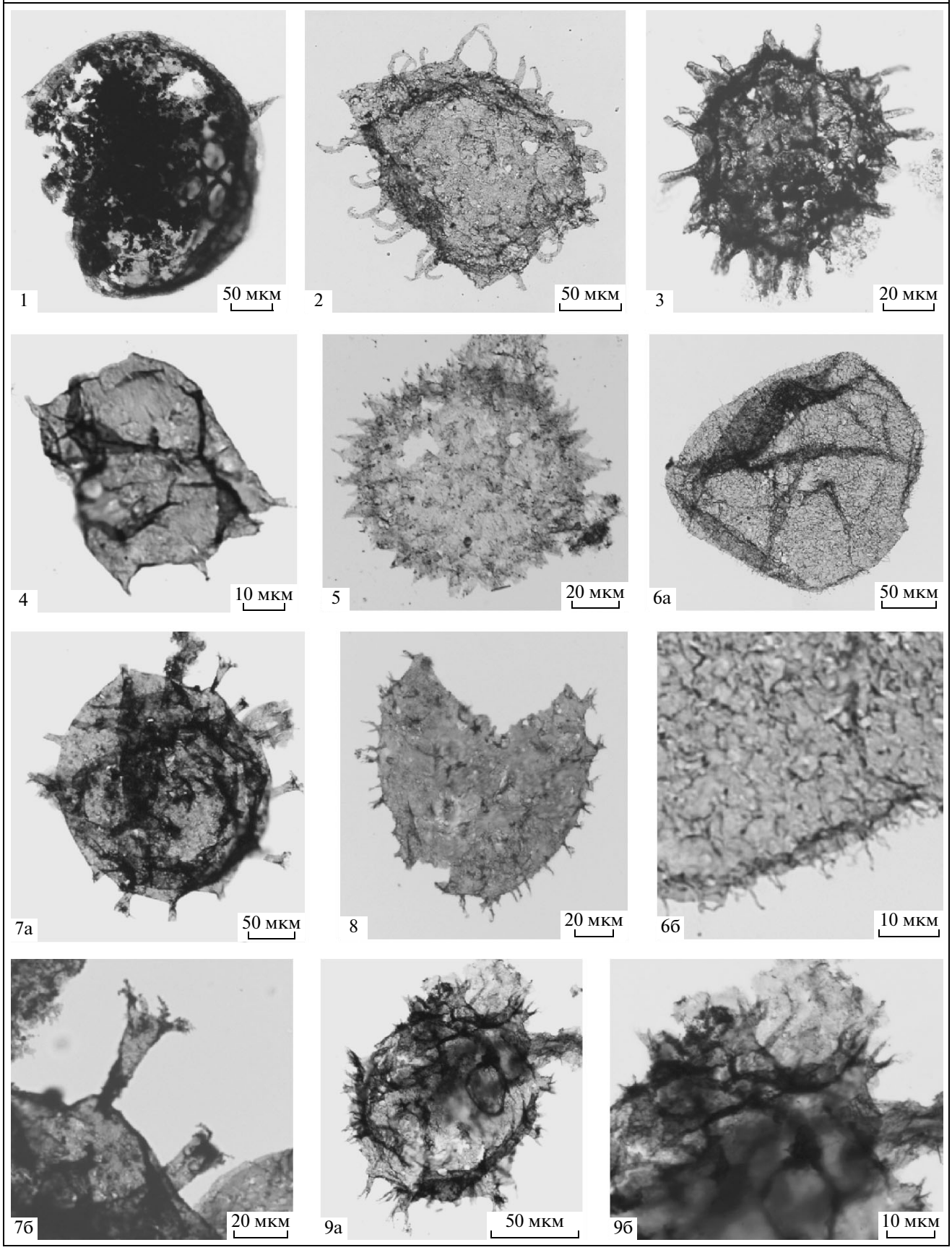
Новые находки микрофоссилий говорят об исключительности уринской биоты в целом. Большинство из перечисленных таксонов действительно не обнаружены пока в других разрезах Сибирской платформы. Но за ее пределами эти виды довольно широко распространены и являются диагностическими элементами эдиакарских комплексов, в том числе зональных (Тс–Sr–Vl и Ti–Cg–Mr), предложенных австралийскими специалистами (Grey, 2005; Grey, Calver, 2007).

#### Березовский район

В соседнем с Жуинско-Ленским Березовском районе Байкало-Патомского региона (рис. 2) в породах торгинской свиты, венчающей разрез осадочного ритма (рис. 3), в скважине Торга Г-2 был установлен обедненный комплекс микрофоссилий, включающий *Trachyhystrichosphaera* aff. *T. aimica*, *Arctacellularia doliiformis*, *Cavaspina acuminata*, *Talakania* sp., *Torgia eleganta*, *T. baculata* и некоторые транзитные таксоны (Колосова, 1990, 1991; Колосов, 2003). По положению в разрезе, а также по присутствию позднерифейских таксонов *Trachyhystrichosphaera* и *Arctacellularia* торгинская свита была отнесена к верхней части верхнего рифея (Колосов, 2003). При этом под видовым названием *Trachyhystrichosphaera* aff. *T. aimica* П.Н. Колосовым и С.П. Колосовой были показаны сферические оболочки диаметром 95–110 мкм, несущие короткие тупоконические выросты длиной 4–7 мкм, без облекающей мембраны (Колосова, 1990, табл. IV, фиг. I; Колосова, 1991, рис. 3, фиг. 1–3). Тип строения оболочки этой формы сходен с наблюдаемым у вида *Trachyhystrichosphaera aimica* (Микрофоссилии..., 1989), хотя несколько отличается более мелкими размерами. Но нами в заведомо вендских отложениях в скважине Западная-742 найдена оболочка, условно отнесенная к ?*Cavaspina* sp. (табл. I, фиг. 3, настоящая работа) с идентичными параметрами. Насколько верны таксономические определения и каков в действительности диапазон стратиграфического распространения *Trachyhystrichosphaera aimica*, будет понятно в ходе дальнейшей ревизии имеющихся данных с привлечением дополнительного фактического материала.

Указанные в списке торгинских микрофоссилий формы *Arctacellularia doliiformis* (Колосов, 2003), к сожалению, не сопровождаются ни изображением, ни видовым описанием, что не позволяет проанализировать их соответствие роду *Arctacellularia*. В то

Таблица IV



←  
**Таблица IV.** Микрофоссилии уринской свиты Жуинско-Ленского района Восточной Сибири, р. Ура (правый берег, близ устья), разрез 984, нижний венд.

1 — *Ceratosphaeridium* cf. *C. glaberosum* Grey; обр. 984-6, пр. 6/12; 2 — *Tanarium conoideum* (Kolossova) emend. Moczyłowska, Vidal et Rudavskaya; обр. 984-7, пр. 7/4; 3 — “*Goniosphaeridium*” *digitiforme* Nag. et Faiz.; обр. 984-7, пр. 7/16; 4 — *Gen. et sp. indet.* 2; обр. 984-6, пр. 6/7; 5 — ?*Sinosphaera rupina* Zhang, Yin, Xiao et Knoll; обр. 984-7, пр. 7/26; 6 — *Ericiasphaera* aff. *E. adspersa* Grey; обр. 984-7, пр. 7/1; 7 — ?*Variomargosphaeridium litoschum* Zang in Zang et Walter; обр. 984-7, пр. 7/18; 8 — *Dicrospinasphaera virgata* Grey; обр. 984-6, пр. 6/11; 9 — *Multifronsphaeridium pelorium* Zang in Zang et Walter, emend Grey; обр. 984-6, пр. 6/9.

же время следует заметить, что в результате проведенных недавно палеобиологических исследований (Герман, Подковыров, 2008) была установлена филогенетическая связь двух морфологически разных таксонов: формального рода *Arctacellularia*, представляющего собой цепочечные агрегаты клеток, и рода *Glomovertella*, к которому относят разнообразно свернутые нити. Было показано, что оба таксона, с большой степенью вероятности, представляют собой разные фазы развития одного и того же организма грибной природы, гипотетически близкого аскомицетам. При этом очевидно, что стратиграфический диапазон существования этого организма не ограничен поздним рифеем, так как микрофоссилии *Glomovertella* широко распространены в отложениях венда.

Формы *Talakania* sp., выделенные из считавшейся верхнерифейской торгинской свиты, по мнению П.Н. Колосова (2003), “хорошо отличаются от вендских форм удлиненными клетками”. Однако отсутствие описания встреченных нитей затрудняет сравнение их с вендскими представителями. Вместе с тем приведенное в статье С.П. Колосовой (1990) фотоизображение нити *Talakania* sp. (Колосова, 1990, табл. 5, фиг. 2) из скважины Торга Г-2 (интервал 70–74 м) позволяет сделать вывод о полном морфологическом сходстве *T. sp.* с вендским видом *T. obscura*. Длина клеток у голотипа *T. obscura* непостоянна и варьирует от 6.7 до 18.4 мкм (Колосов, 1983). Приведенная рядом с изображением *Talakania* sp. масштабная линейка дает возможность оценить размеры клеток в пределах 6–20 мкм, что, в сущности, укладывается в параметры голотипа.

В нашем распоряжении находились препараты В.А. Рудавской по скважине Усть-Бирюкская-1 (север Березовского прогиба), также прошедшей отложения торгинской свиты. В интервале 3101–3120 м, наряду с транзитными таксонами *Leiosphaeridia minutissima*, *L. tenuissima*, *L. crassa*, *L. aff. L. jacutica*, *Navifusa majensis* и *Siphonophycus* sp., были определены многочисленные типично вендские нитчатые формы *T. obscura*, характерные для непского горизонта Непско-Ботубинской антеклизы, где они ассоциируют с другими крупными акантоморфными акритархами пертататакского типа.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В верхнедокембрийских отложениях шести структурно-фациальных районов Восточной Сибири выявлены разнообразные комплексы микрофоссилий, которые по специфическому набору видов разделяются на две таксономически богатые (непская и уринская) и две обедненные (отрадинская и торгинская) биоты. Под биотами мы подразумеваем сообщества ископаемых микроорганизмов, приуроченные к определенным палеофациальным областям и характеризующиеся определенным набором четко диагностируемых таксонов.

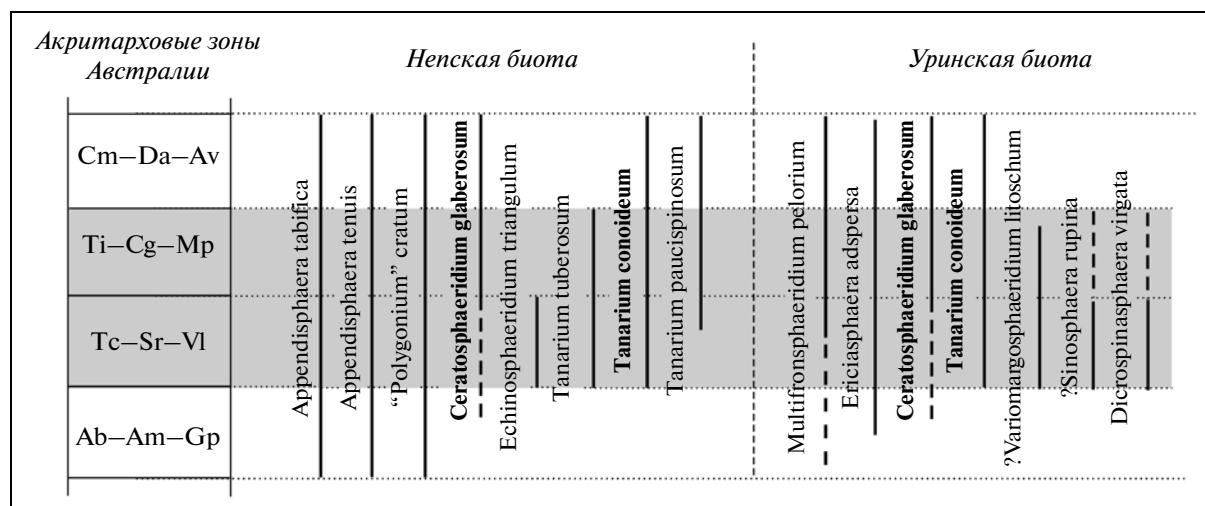
Непская биота, имеющая наиболее широкое распространение, установлена в паршинской и курсовской свитах непского горизонта внутренних районов Сибирской платформы. Она легко узнается по численному превосходству видов рода *Arpendisphaera*, с которыми ассоциируют *Talakania obscura* и спорадически встречаемые формы рода *Tanarium*.

Отрадинская биота, выявленная только в одной скважине (от которой и получила свое название), отличается “монотиповым” составом. Ее характерным таксоном является “*Polygonium*” *cratum*.

Наиболее таксономически разнообразная уринская биота приурочена к уринской свите дальнетайгинской серии Жуинско-Ленского района. Яркая выраженная особенность этой биоты заключается в высоком содержании разнообразных сложно орнаментированных акритарх (*Cavaspina*, *Dicrospinasphaera*, *Ericiasphaera*, “*Goniosphaeridium*”, *Multifronsphaeridium*, *Tanarium*, *Variomargosphaeridium* и др.).

Торгинская биота из одноименной свиты Березовского района характеризуется сочетанием *Cavaspina acuminata* и *Talakania obscura*.

Все эти биоты, имеющие разный таксономический состав, интерпретируются нами как ранневендские. Но их стратиграфическое положение относительно друг друга и относительно предложенной в Австралии эдиакарской зональной шкалы по акритархам (Grey, 2005; Grey, Calver, 2007) не вполне ясно. Трудности сопоставления связаны с тем, что в отличие от австралийской зональной шкалы, которая разрабатывалась на основе изучения сравнительно полных последовательных осадков, на Сибирской платформе местонахождения биот разобщены, а если биоты встречаются в нескольких



**Рис. 4.** Диапазон распространения стратиграфически значимых сибирских таксонов в отложениях эдиакария Австралии (Grey, 2005; Grey, Calver, 2007; Willman, Moczyłowska, 2008). Общие для непской и уринской биот таксоны показаны жирным шрифтом.

соседних разрезах в пределах одной территории, то приурочены к довольно узкому стратиграфическому интервалу. Это обстоятельство не позволяет однозначно установить подлинные уровни первого появления зональных видов. Кроме того, в основе выделения австралийских акритарховых зон, помимо первого появления руководящих таксонов, лежит и принцип максимальной встречаемости характерных видов. Такие нюансы трудно использовать в случае с сибирскими биотами из-за отсутствия данных по подстилающим или перекрывающим отложениям. Нельзя не учитывать также и то, что характерные ассоциации микрофоссилий могут являться не "зональными", а "экозональными" комплексами, отражающими не столько эволюционное развитие микроорганизмов, сколько изменения палеоэкологических условий в бассейнах седиментации.

При сравнении таксономических характеристик наиболее богатых непской и уринской биот Восточной Сибири видно, что, за исключением двух общих элементов *Tanarium conoideum* и *Ceratosphaeridium glaberosum*, они совершенно не похожи (рис. 4) и, на первый взгляд, представляются разновозрастными. Однако большинство из установленных в этих биотах диагностических таксонов встречаются в эдиакарских отложениях Австралии совместно (Grey, Calver, 2007). При этом, учитывая их диапазоны распространения в австралийских разрезах, можно сузить возрастной интервал обеих сибирских биот до двух австралийских зон: *Tanarium conoideum*/*Schizofusa risoria*/*Variomargosphaeridium litoschum* (Tc–Sr–VI) и *Tanarium irregulare*/*Ceratosphaeridium glaberosum*/*Multifronsphaeridium pelorium* (Ti–Cg–Mp). Однако объяснить видовые раз-

личия непской и уринской биот, а также уточнить их стратиграфическое положение относительно друг друга на основе имеющихся на сегодняшний день данных мы пока не можем.

Еще труднее обстоит дело с установлением стратиграфического положения обедненных биот. Так, например, диагностическим видом отраднинской биоты является "*Polygonium*" *cratum*, который в зональной последовательности Австралии является проходящим таксоном. Этот факт не позволяет детализировать возраст биоты, и лишь по положению в разрезе отраднинская биота условно рассматривается нами как одновозрастная с непской. В торгинской биоте ключевыми таксонами являются *Talakania obscura* и *Cavaspina acuminata*. Оба вида считаются сибирскими эндемиками, хотя некоторые представители рода *Cavaspina* были обнаружены в серии Унгола в Австралии (Willman, Moczyłowska, 2008). Вид *Talakania obscura* распространен в отложениях непского горизонта Непско-Ботуобинского, Сюдджерского и Анабарского районов Сибири и является диагностическим видом непской биоты, а вид *Cavaspina acuminata* характерен для уринской биоты Байкало-Патомского региона. Однако на основании имеющихся данных невозможно строго установить стратиграфическую последовательность и/или фациальные взаимоотношения торгинской, непской и уринской биот. Но ранневендский возраст торгинской биоты, на наш взгляд, сомнений не вызывает.

Очевидно, что сложное палеофациальное строение венда Сибирской платформы сказалось и в латеральной изменчивости сообществ ископаемых микроорганизмов. Однако проведенная работа показала, что региональные различия видового состава

ва выявленных микробиот не являются большим препятствием для датирования и корреляции вмещающих отложений, если принимать во внимание установленные диапазоны существования характерных таксонов в осадочных последовательностях за пределами Сибири. Нижний венд в целом уверенно распознается в разрезах Восточной Сибири по возникновению принципиально новых микробиот. Эти биоты сохраняют определенную преемственность от позднерифейских биот, выраженную в присутствии некоторых проходящих снизу таксонов, но резко выделяются появлением и высокой диверсификацией крупных акантоморфных акритарх, “осваивающих” новые типы строения и орнаментации оболочек. Адаптация новой морфологии происходила в разных палеофациальных обстановках, что проявилось не только в формировании различных сообществ, но и в изменчивости видов, отличающихся морфологической нестабильностью (отсюда, возможно, и разночтения таксономических определений, опирающихся на внешние признаки). Однако для обоснования возраста вмещающих отложений, бесспорно, можно использовать такие ключевые таксоны, как *“Appendisphaera” tabifica*, *A. tenuis*, *Ceratosphaeridium glaberosum*, *Dicrospinasphaera virgata*, *Multifronsphaeridium pelorium*, *“Polygonium” cratum*, *Tanarium conoideum*, *Variomargosphaeridium litoschum*, *Talakania obscura*, которые мы предлагаем считать биостратиграфическими маркерами нижнего венда благодаря ограниченному диапазону их существования, широкому латеральному распространению и уверенной диагностике.

Более дробное биостратиграфическое расчленение нижнего венда Восточной Сибири по микрофоссилиям проблематично из-за недостаточной изученности фациальной приуроченности акритарх пертататакского типа. Впрочем, выделение зональных подразделений на сибирском материале в настоящее время явно преждевременно, но не бесперспективно. Примером может служить первая зональная шкала по акритархам, предложенная австралийскими специалистами, которая дает возможность прямого сравнения разобщенных ранневендских биот и относительной датировки вмещающих отложений. Богатый сибирский материал, который продолжают активно изучать, должен быть непременно вовлечен в работы по усовершенствованию и апробации зональных построений МСШ, равно как и в дальнейшие исследования по детализации стратиграфических схем венда Сибири.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенная работа позволила уточнить стратиграфическое положение и таксономическую характеристику комплексов акантоморфных микрофос-

силией пертататакского типа, распространенных в нижневендских отложениях центральных и юго-восточных территорий Восточной Сибири.

Важной особенностью биот пертататакского типа является то, что в разрезах, известных за пределами Сибирской платформы, они локализованы в осадках, залегающих между тиллитами ледниковой эпохи Марино и горизонтами с эдиакарской многоклеточной фауной. Благодаря обширной компиляции палеонтологических данных по всем описанным местонахождениям мира, с учетом изотопно-геохронологических датировок подстилающих и перекрывающих отложений, существование этих специфических ископаемых сообществ можно ограничить интервалом 635–560 млн. лет, что отвечает большей нижней части эдиакария МСШ. Положение данных комплексов акантоморфных акритарх в российской ОСШ однозначно определено в пределах нижнего венда.

В шести рассмотренных структурно-фациальных районах Сибирской платформы выявлены четыре таксономически различные микробиоты, каждая из которых включает диагностические таксоны ранневендского возраста.

В Непско-Ботуобинском, Предпатомском и Анабарском районах в отложениях верхней части непского горизонта присутствуют устойчивые ассоциации микрофоссилий, которые были выделены нами в непскую и отграднинскую биоты. Первая характеризуется ключевыми таксонами *Appendisphaera tenuis*, *“A.” tabifica* и *Talakania obscura*, а вторая – преобладанием *“Polygonium”* sp. Отложения, вмещающие непскую биоту, продолжаются и в восточной части Сюнджерского района.

В Байкало-Патомском регионе (Березовский и Жуинско-Ленский районы) верхняя часть терминального рифея включает уринскую и торгинскую биоты. Наиболее богатая из них уринская биота содержит представителей родов *Cavaspina*, *Dicrospinasphaera*, *Ericiasphaera*, *“Goniosphaeridium”*, *Multifronsphaeridium*, *Tanarium* и *Variomargosphaeridium*. Торгинская биота отличается более бедным набором видов, главными из которых являются *Cavaspina acuminata* и *Talakania obscura*. Присутствие этих форм свидетельствует о ранневендском возрасте вмещающих отложений. Указанные биоты, характеризующиеся различным таксономическим составом, содержат виды, которые за пределами Сибирской платформы встречаются в австралийских типовых разрезах совместно и являются диагностическими видами второй (Tc–Sr–VI) и третьей (Ti–Cg–Mr) зон акритарховой шкалы. Виды индексы первой и четвертой зон в разрезах верхнего докембрия Сибири пока не встречены.

Дальнейшие работы по микрофитологическому изучению нижних горизонтов венда Восточной Сибири совместно с палеофациальными и изотопно-

геохронологическими исследованиями позволят детализировать биостратиграфическую основу расчленения верхнего докембрия и, возможно, внести коррективы в предложенную австралийскими коллегами первую зональную схему. Однако уже сейчас можно заключить, что присутствие в верхнедокембрийских отложениях комплексов акантоморфных акритарх пертататакского типа является биостратиграфическим критерием выделения нижнего отдела вендской системы.

Авторы искренне признательны М.А. Семихатову за интерес к этой работе и поддержку, оказываемую им в течение многих лет. Мы также благодарны В.Н. Сергееву и К.Е. Наговицину за плодотворное обсуждение рукописи и содействие в микрофотографировании.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ № 07-05-00906 и Программы № 15 Президиума РАН.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вейс А.Ф., Воробьева Н.Г., Голубкова Е.Ю. Первые находки нижневендских микрофоссилий на Русской плите: таксономический состав и биостратиграфическое значение // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 14. № 4. С. 28–46.
- Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 1. Палеонтология. Отв. ред. Б.С. Соколов, М.А. Федонкин. М.: Наука, 1985а. 224 с.
- Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы. Отв. ред. Б.С. Соколов, М.А. Федонкин. М.: Наука, 1985б. 244 с.
- Волкова Н.А., Кирьянов В.В., Пятилетов В.Г. и др. Микрофоссилии верхнего докембрия Сибирской платформы // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1980. № 1. С. 23–29.
- Воробьева Н.Г., Сергеев В.Н., Семихатов М.А. Уникальная нижневендская кельтминская микробиота Тимана: новые данные о палеонтологии венда и его глобальной характеристике // Докл. АН. 2006. Т. 410. № 3. С. 366–371.
- Воробьева Н.Г., Сергеев В.Н., Нолл Э.Х. Фитопланктон и зоопроблематики нижнего венда Восточно-Европейской платформы (Тиманское поднятие) — биостратиграфическая модель нижней границы терминальной системы протерозоя // Сб. материалов XII Всеросс. палинологической конференции. Палинология: стратиграфия и геоэкология. 2008а. Т. III. С. 7–12.
- Воробьева Н.Г., Сергеев В.Н., Чумаков Н.М. Новые находки нижневендских микрофоссилий в уринской свите: пересмотр возраста патомского комплекса Средней Сибири // Докл. АН. 2008б. Т. 419. № 6. С. 782–787.
- Герман Т.Н., Подковыров В.Н. О природе докембрийских микрофоссилий Artacellularia и Glomovertella // Палеонтол. журн. 2008. № 6. С. 1–8.
- Голубкова Е.Ю., Кузнецов А.Б. Биостратиграфическая и Sr-хемостратиграфическая характеристика байкальского комплекса юга Сибирской платформы: рифей или венд? // Материалы Всеросс. совещания “Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту)”. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2007. С. 58–60.
- Голубкова Е.Ю., Кузнецов А.Б. Биостратиграфическая и Sr-хемостратиграфическая характеристика байкальского комплекса Байкало-Патомского региона: рифей или венд? // Тектоника Центральной Азии (в печати).
- Голубкова Е.Ю., Раевская Е.Г. Нижневендский комплекс микрофоссилий внутренних районов Сибирской платформы // Материалы Междунар. конференции “Рассвет и закат вендской (эдиакарской) биоты. Происхождение современной биосферы”. М.: ГЕОС, 2007. С. 39–42.
- Гражданкин Д.В. Строение и условия осадконакопления вендского комплекса в Юго-Восточном Беломорье // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2003. Т. 11. № 4. С. 3–34.
- Граусман В.В., Рудаевская В.А., Васильева Н.И. Стратиграфия верхнего докембрия и нижнего кембрия Оленекского поднятия // Отечеств. геология. 1996. № 8. С. 30–35.
- Дольник Т.А. Строматолиты и микрофитолиты в стратиграфии рифея и венда складчатого обрамления юга Сибирской платформы. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 320 с.
- Дополнения к стратиграфическому кодексу России. Уточнение оценок изотопного возраста нижних границ верхнего рифея, венда, верхнего венда и кембрия. Дополнение 4. СПб.: ВСЕГЕИ, 2000. С. 95–107.
- Каталог органических остатков позднего докембрия юга Восточной Сибири (Иркутская область, Бурятская АССР, Якутская АССР, север Читинской области). Иркутск: ВостСибНИИГГиМС, 1989. 134 с.
- Колосов П.Н. Верхнедокембрийские палеоальгологические остатки Сибирской платформы. М.: Наука, 1983. 94 с.
- Колосов П.Н. Позднедокембрийские микрофоссилии и стратиграфия нефтегазоносных отложений востока Сибирской платформы. Якутск: Изд-во СО РАН, 2003. 164 с.
- Колосова С.П. Древнейшие акантоморфиты востока Сибирской платформы // Органический мир и стратиграфия отложений нефтегазоносных и рудоносных районов Якутии. Якутск: Якутский ин-т геол. наук СО АН СССР, 1990. С. 2–45.
- Колосова С.П. Позднедокембрийские шиповатые микрофоссилии востока Сибирской платформы // Альгология. 1991. Т. 1. № 2. С. 53–59.
- Кузнецов А.Б., Семихатов М.А., Горохов И.М. и др. Изотопный состав Sr в карбонатных породах каратавской серии Южного Урала и стандартная кривая вариаций отношения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в позднерифейском океане // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2003. Т. 11. № 5. С. 3–39.
- Кузнецов А.Б., Семихатов М.А., Маслов А.В. и др. Sr- и С-изотопная хемостратиграфия типового разреза

- верхнего рифея (Южный Урал): новые данные // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 14. № 6. С. 25–53.
- Летникова Е.Ф., Кузнецов А.Б., Вещева С.В., Ковач В.П.* Вендская пассивная континентальная окраина юга Сибирской платформы: геохимические, Sm-Nd и Sr-изотопные свидетельства // Докл. АН. 2006. Т. 409. № 2. С. 235–240.
- Микрофоссилии докембрия СССР. Ред. Янкаускас Т.В. Л.: Наука, 1989. 190 с.
- Наговицин К.Е., Файзуллин М.Ш., Якшин М.С.* Новые формы акантоморфных акритарх байкалия Патомского нагорья (уринская свита, Восточная Сибирь) // Приложение к журналу “Геология и геофизика”. 2004. Т. 45. Новости палеонтологии и стратиграфии. Вып. 6–7. С. 7–19.
- Пятилетов В.Г.* Юдомский комплекс микрофитофоссилий Южной Якутии // Геология и геофизика. 1980. № 7. С. 8–20.
- Пятилетов В.Г.* Растительные микрофоссилии уринской свиты (Патомское нагорье) // Стратиграфия позднего докембрия и раннего палеозоя Средней Сибири. Новосибирск: ИГиГ, 1983. С. 115–121.
- Пятилетов В.Г., Рудавская В.А.* Акритархи юдомского комплекса // Вендская система. М.: Наука, 1985. Т. 2. С. 153–159.
- Решения Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1983. 216 с.
- Решение Всесоюзного коллоквиума по растительным микрофитофоссилиям (акритархам) внутренних (нефтегазоносных) районов Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1986. № 3. С. 116–117.
- Решения Четвертого Межведомственного регионального совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы. Новосибирск: СНИИГиМС, 1989. С. 40.
- Розанов А.Ю., Семихатов М.А., Соколов Б.С. и др.* Решение о выборе стратотипа докембрия и кембрия: прорыв в проблеме или ошибка? // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1997. Т. 5. № 1. С. 21–31.
- Рудавская В.А.* Стратиграфическое значение акритарх протерозоя–раннего кембрия для Сибирской и Русской платформы // Палинологические исследования отложений палеозоя и мезозоя севера СССР и Прикаспия. Л.: ВНИГРИ, 1985. С. 4–12.
- Рудавская В.А., Васильева Н.И.* Талсинский комплекс акритарх Непско-Ботубинской антеклизы // Фито-стратиграфия и морфология спор древних растений нефтегазоносных провинций СССР. Л.: ВНИГРИ, 1989. С. 5–11.
- Рудавская В.А., Кокоулин М.Л.* Аналоги венда в центральных и северных районах Сибирской платформы // Стратиграфия позднего докембрия и раннего палеозоя Сибирской платформы. Л.: ВНИГРИ, 1985. С. 31–37.
- Семихатов М.А., Шуркин К.А., Аксенов Е.М. и др.* Новая стратиграфическая шкала докембрия СССР // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1991. № 4. С. 3–13.
- Семихатов М.А., Кузнецов А.Б., Подковыров В.Н. и др.* Юдомский комплекс стратотипической местности: С-изотопные хемотратиграфические корреляции и соотношение с вендом // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2004. Т. 12. № 5. С. 3–28.
- Советов Ю.К., Комлев Д.А.* Гиллиты в основании оселковой серии Присяянья и нижняя граница венда на юго-западе Сибирской платформы // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2005. Т. 13. № 4. С. 3–34.
- Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления. Ред. А.Е. Конторович. Новосибирск: Гео, 2005. 432 с.
- Файзуллин М.Ш.* Значение третьего комплекса микрофоссилий для биостратиграфии венд-кембрийских отложений Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1996. Т. 37. № 11. С. 33–40.
- Файзуллин М.Ш.* Новые данные о микрофоссилиях байкалия Патомского нагорья // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 3. С. 328–337.
- Файзулина З.Х., Лысова Л.А., Трещенкова А.А. и др.* Биостратиграфия позднедокембрийских и раннекембрийских отложений Непско-Ботубинского района // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1982. № 2. С. 13–26.
- Хоментовский В.В.* Байкальский комплекс и байкалды // Геология и геофизика. 1984. № 8. С. 33–40.
- Хоментовский В.В., Шенфиль В.Ю., Пятилетов В.Г.* К вопросу об использовании венд-кембрийских комплексов микрофоссилий Сибири для корреляции и датировки // Геология и геофизика. 1986. № 4. С. 130–132.
- Хоментовский В.В., Федоров А.Б., Карлова Г.А.* Нижняя граница кембрия во внутренних районах севера Сибирской платформы // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1998а. Т. 6. № 1. С. 3–11.
- Хоментовский В.В., Постников А.А., Файзуллин М.Ш.* Байкалий стратотипической местности // Геология и геофизика. 1998б. Т. 39. № 11. С. 1505–1517.
- Babcock L.E., Peng S.C., Geyer G., Shergold J.H.* Changing perspectives on Cambrian chronostratigraphy and progress toward subdivision of the Cambrian System // Geosci. J. 2005. V. 9. P. 101–106.
- Barfod G.H., Albarede F., Knoll A.H. et al.* New Lu-Hf and Pb-Pb age constraints on the earliest animal // Earth Planet. Sci. Lett. 2002. V. 201. № 1. P. 203–212.
- Bingen B., Griffin W.L., Torsvik T.H., Saeed A.* Timing of Late Neoproterozoic glaciation on Baltica constrained by detrital zircon geochronology in the Hedmark Group, south-east Norway // Terra Nova. 2005. V. 17. P. 250–258.
- Braiser M.D., Cowie J., Taylor M.* Decision on the Precambrian–Cambrian boundary stratotype // Episodes. 1994. V. 17. № 1–2. P. 3–8.
- Calver C.R., Walter M.R.* The late Neoproterozoic Grassy Group of King Island, Tasmania: correlation and palaeogeographic significance // Precambrian Res. 2000. V. 100. № 1. P. 299–312.
- Calver C.R., Black L.P., Everard J.L., Seymour D.B.* U-Pb zircon age constraints on late Neoproterozoic glaciation in Tasmania // Geology. 2004. V. 32. № 10. P. 893–896.

- Chen D.F., Dong W.Q., Zhu B.Q., Chen X.P. Pb-Pb ages of Neoproterozoic Douchantuo phosphorites in South China: constraints on early metazoan evolution and glaciation events // *Precambrian Res.* 2004. V. 132. № 1/2. P. 123–132.
- Chumakov N.M. Climates and climate zonality of the Vendian: geological evidence // *Geol. Soc. Spec. Publ. London.* 2007. V. 286. P. 15–26.
- Condon D., Zhu M.Y., Bowring S. et al. U-Pb ages from the Neoproterozoic Doushantuo Formation, China // *Science.* 2005. V. 308. P. 95–98.
- Fedonkin M.A., Sokolov B.V., Semikhatov M.A., Chumakov N.M. Vendian versus Ediacarian: priorities, concepts, prospectives // *Материалы Междунар. конференции “Рассвет и закат вендской (эдиакарской) биоты. Происхождение современной биосферы”.* М.: ГЕОС, 2007. С. 78–82.
- Gehling J.G., Jensen S., Droser M.L. et al. Burrowing below the basal Cambrian GSSP, Fortune Head, Newfoundland // *Geol. Mag.* 2001. V. 138. P. 213–218.
- Golubkova E., Raevskaya E. Unique microbiota from the Early Neoproterozoic of Yakutia (Eastern Siberia) // *Abstracts of the 48<sup>th</sup> Palaeontological Association Annual Meeting, Lille.* 2004. P. 155.
- Gorokhov I.M., Siedlecka A., Roberts D. et al. Rb-Sr dating of diagenetic illite in Neoproterozoic shales, Varanger Peninsula, northern Norway // *Geol. Mag.* 2001. V. 138. № 5. P. 541–562.
- Grey K. Ediacarian palynology of Australia // *Assoc. Austral. Palaeontol. Mem.* 2005. V. 31. 439 p.
- Grey K., Calver C.R. Correlating the Ediacaran of Australia // *The Rise and Fall of the Ediacaran Biota.* Eds. Vickers-Rich P., Komarower P. *Geol. Soc. Spec. Publ. London.* 2007. V. 286. P. 115–135.
- Halverson G.P., Dudas F.O., Maloof A.S., Bowring S.A. Evolution of <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr composition of Neoproterozoic seawater // *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.* 2007. V. 256. P. 103–129.
- Hoffmann K.-H., Condon D.J., Bowring S.A., Crowley J.L. U-Pb zircon date from the Neoproterozoic Ghaub Formation, Namibia: constraints on Marinoan glaciation // *Geology.* 2004. V. 32. P. 817–820.
- Kendall B., Creaser R.A., Selby D. Re-Os geochronology of the post-glacial black shales in Australia: constraints on the timing of “Sturtian” glaciation // *Geology.* 2006. V. 34. P. 729–732.
- Knoll A.H. Microfossils in metasedimentary cherts of the Scotia Group, Prins Karl Forland, western Svalbard // *Palaeontology.* 1992. V. 35. P. 751–774.
- Knoll A.H. Learning to tell Neoproterozoic time // *Precambrian Res.* 2000. V. 100. P. 3–20.
- Knoll A.H., Walter M.R., Narbonne G.M., Christie-Blick N. A new period for the Geological time scale // *Science.* 2004. V. 305. P. 621–622.
- Knoll A.H., Walter M.R., Narbonne G.M., Christie-Blick N. The Ediacaran Period: a new addition to the geologic time scale // *Lethaia.* 2006. V. 39. P. 13–30.
- Landing E. Precambrian–Cambrian boundary global stratotype ratified and new perspective of Cambrian time // *Geology.* 1994. V. 22. № 2. P. 179–182.
- Martin M.W., Grazhdankin D.V., Bowring S.A. et al. Age of Neoproterozoic bilaterian body and trace fossils, White Sea, Russia: implications for metazoan evolution // *Science.* 2000. V. 288. P. 841–845.
- Melezhik V.A., Pokrovsky B.G., Fallick A.E. et al. Constraint on <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr of Late Ediacaran seawater: insight from high-Sr Siberian limestones // *J. Geol. Soc. London.* 2009. V. 166. 1. P. 183–191.
- Moczyłowska M. Taxonomic review of some Ediacaran acritarchs from the Siberian Platform // *Precambrian Res.* 2005. V. 136. P. 283–307.
- Moczyłowska M., Vidal G. How old is the Tommotian? // *Geology.* 1988. V. 16. P. 166–168.
- Moczyłowska M., Vidal G., Rudavskaya V.A. Neoproterozoic (Vendian) phytoplankton from the Siberian Platform, Yakutia // *Palaeontology.* 1993. V. 36. P. 495–521.
- Nystuen J.P., Siedlecka A. The “Sparagmites” of Norway // *Later Proterozoic stratigraphy of the North Atlantic regions.* Ed. J.A. Winchester. Glasgow: Blackie, 1988. P. 237–252.
- Ogg J.G., Ogg G., Gradstein F.M. *The Geologic Time Scale.* Cambridge: Cambridge University Press, 2008. 177 p.
- Peng S.C. A new global framework with four series for Cambrian System // *J. Stratigraphy.* 2006. V. 30. № 2. P. 147–148.
- Peng S.C., Babcock L.E., Geyer G., Moczyłowska M. Nomenclature of Cambrian epochs and series based on GSSPs – Comments on an alternative proposal by Rowland and Hicks // *Episodes.* 2006. V. 29. № 2. P. 130–132.
- Preiss W.V. The Adelaide Geosyncline of South Australia and its significance in Neoproterozoic continental reconstruction // *Precambrian Res.* 2000. V. 100. P. 21–63.
- Saylor B.Z., Kaufman A.J., Grotzinger J.P., Urban F.A. Composite reference section for terminal Proterozoic strata of southern Namibia // *J. Sedim. Res.* 1998. V. 68. № 6. P. 1223–1235.
- Spjeldnaes N. A new fossil (*Papillomembrana* sp.) from the upper Precambrian of Norway // *Nature.* 1963. V. 200. P. 63–64.
- Spjeldnaes N. Fossils from pebbles of the Biskopsen Formation in southwestern Norway // *Norges Geol. Unders.* 1967. V. 251. P. 53–82.
- Tiwari M., Knoll A.H. Large acanthomorphic acritarchs from the Infrakrol Formation of the Lesser Himalaya and their stratigraphic significance // *J. Himalayan Geol.* 1994. V. 5. P. 193–201.
- Vidal G. Giant acanthomorph acritarchs from the Upper Proterozoic in Southern Norway // *Palaeontology.* 1990. V. 33. P. 287–298.
- Vorob’eva N.G., Sergeev V., Knoll A.H. Neoproterozoic microfossils from the northeastern margin of East European platform // *J. Paleont.* 2009. V. 83. № 2. P. 161–196.
- Walter M.R., Veeres J.J., Calver C.R. et al. Dating the 840–544 Ma Neoproterozoic interval by isotopes of strontium, carbon and sulfur in seawater and some interpretative models // *Precambrian Res.* 2000. V. 100. № 1. P. 371–433.



- Willman S., Moczyłowska M.* Ediacaran acritarch biota from the Giles 1 drillhole, Officer Basin, Australia, and its potential for biostratigraphic correlation // *Precambrian Res.* 2008. V. 162. P. 498–530.
- Xunlai Y., Hofmann H.J.* New microfossils from the Neoproterozoic (Sinian) Doushantuo Formation, Wengan, Guizhou Province, southwestern China // *Alcheringa.* 1998. V. 22. P. 189–222.
- Zang W.* Early Neoproterozoic sequence stratigraphy and acritarch biostratigraphy, eastern Officer Basin, South Australia // *Precambrian Res.* 1996. V. 74. P. 119–176.
- Zang W., Walter M.R.* Late Proterozoic and Cambrian microfossils and biostratigraphy, Amadeus Basin, central Australia // *Assoc. Austral. Palaeontol. Mem.* 1992. V. 12. 132 p.
- Zhang Y., Yin L., Xiao S., Knoll A.H.* Permineralised fossils from the terminal Proterozoic Doushantuo Formation, South China // *Paleontol. Soc. Mem.* 1998. V. 50. P. 1–52.
- Zhou C., Xie G., Kathleen M. et al.* The diversification and extinction of Doushantuo-Pertatataka acritarchs in South China: causes and biostratigraphic significance // *Geol. J.* 2007. V. 42. P. 229–262.
- Zhou C., Xiao S.* Ediacarian  $\delta^{13}\text{C}$  chemostratigraphy of South China // *Chem. Geol.* 2007. V. 237. P. 89–108.

*Рецензенты К.Е. Наговицин,  
В.Н. Сергеев, М.А. Семихатов*