

МИКРОФОССИЛИИ И БИОФАЦИИ ВЕНДСКОЙ ИСКОПАЕМОЙ БИОТЫ ЮГА СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

К.Е. Наговицин^{1,2}, Б.Б. Кочнев^{1,2}

¹ *Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Академика Коптюга, 3, Россия*

² *Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия*

На основе изучения лито- и биофаций непского горизонта венда центральной части внутренних районов Сибирской платформы разработана палеоэкологическая модель вендской микробиоты. Реконструированы обстановки осадконакопления катангской седловины, выделены три осадочные системы: нижняя континентальная представлена отложениями пролювиальных конусов выноса и русел временных потоков; средняя трансгрессивная состоит из песчаных прибрежных фаций в нижней и тонкообломочных шельфовых толщ в верхней части; верхняя высокого стояния уровня моря, сложена чередованием фаций песчаных отмелей и тонкообломочных лагунных отложений. В тонкотерригенных отложениях непского горизонта выделены четыре биофации: *Appendisphaera*, представлена ассоциацией акантоморфит доушаньто-пертататакского типа; Переходная характеризуется большим разнообразием, включающим ряд планктонных и бентосных (в том числе сложноустроенных) таксонов; *Vanavarataenia*, в которой доминируют одноименные сложные бентосные водоросли; *Oscillatoriopsis* представлена таксономически бедными биотами с морфологически простыми, в основном прокариотическими остатками. Выделенные биофации приурочены к следующим обстановкам осадконакопления: *Appendisphaera* распространена в дистальных открытоморских обстановках; Переходная биофация характеризует дистальные обстановки внутреннего полуизолированного бассейна, а *Vanavarataenia* — проксимальные; биофация *Oscillatoriopsis* характерна для мелководных обстановок как протяженных, отвечающих периоду высокого стояния, так и локальных.

Венд, непский горизонт, микрофоссилии, обстановки осадконакопления, палеоэкология, Сибирская платформа.

MICROFOSSILS AND BIOFACIES OF THE VENDIAN FOSSIL BIOTA IN THE SOUTHERN SIBERIAN PLATFORM

K.E. Nagovitsin and B.B. Kochnev

Based on the study of the litho- and biofacies of the Vendian Nepa Horizon in the central area of the Siberian Platform inland, a paleoecological model for the Vendian microbiota has been developed. The sedimentation environments of the Katanga saddle have been reconstructed, and three sedimentary systems have been recognized: (1) lower continental, formed by the deposits of proluvial fans and riverbeds of temporary streams; (2) middle transgressive, made up of littoral sand facies in the lower part and of fine-clastic shelf strata in the upper part; and (3) upper, of sea highstand, composed of alternating sand bank facies and fine-clastic lagoon deposits. Four biofacies have been recognized in the fine-terrigenous deposits of the Nepa Horizon: (1) *Appendisphaera*, represented by a Doushantuo–Pertatataka acanthomorph assemblage; (2) Transitional, with a great diversity of plankton and benthic (including complex) taxa; (3) *Vanavarataenia*, dominated by *Vanavarataenia* complex benthic algae; and (4) *Oscillatoriopsis*, represented by taxonomically poor biotas with morphologically simple (mainly prokaryotic) remains. These biofacies are confined to the following sedimentation environments: *Appendisphaera* is widespread in the distal open-sea areas; the Transitional biofacies is localized in the distal settings of the semi-isolated inner basin; *Vanavarataenia* occurs in the proximal areas; and *Oscillatoriopsis* is typical of the shallow-water environments, both extended (corresponding to the highstand period) and local.

Vendian, Nepa Horizon, microfossils, sedimentation environments, paleoecology, Siberian Platform

ВВЕДЕНИЕ

Вендские (эдиакарские) отложения охарактеризованы весьма различными ассоциациями микрофоссилий, от весьма бедных комплексов, представленных одними мелкими или крупными лейосферидиями, до богатейших ассоциаций, содержащих десятки таксонов эукариотических микроорганизмов. К последним относится доушаньто-пертататакская ассоциация микрофоссилий, первоначально выделенная в нижней—средней части эдиакария Австралии [Zang, Walter, 1992], а затем распознанная на

© К.Е. Наговицин, Б.Б. Кочнев, 2015

DOI: 10.15372/GiG20150409

Сибирской платформе [Moczydlowska, 1993; Голубкова и др., 2010; Sergeev et al., 2011; Moczydlowska, Nagovitsin, 2012] и найденная затем в Китае [Zhang et al., 1998], а также на Восточно-Европейской платформе [Воробьева и др., 2006; Vorob'eva et al., 2009]. Отличительной особенностью этой ассоциации является таксономическое разнообразие крупных микрофоссилий с различными, в том числе морфологически сложными выростами. Датирована ассоциация этого типа лучше всего в Китае в диапазоне 632—551 млн лет [Condon et al., 2005], однако верхний комплекс биоты Доушаньто распространен до отрицательной экскурсии $\delta^{13}\text{C}$ [McFadden et al., 2009], сопоставляемой с событием Шурам, начало которого оценивается в пределах от 580 [Halverson et al., 2010] до 560 млн лет [Macdonald et al., 2013]. В Австралии возраст формации Пертатака с этой ассоциацией оценивается в 580—560 млн лет [Grey, Calver, 2007]. На основании этого ряд исследователей рассматривают ассоциацию доушаньто-пертатакского типа как характеристику нижневендских отложений [Воробьева и др., 2006; Сергеев и др., 2010]. В то же время широко распространенные на территории Восточно-Европейской платформы бедные комплексы микрофоссилий редкинского и котлинского горизонтов считаются характерными для верхнего венда, а отсутствие в верхнем венде акантоморфных акритарх рассматривается как эволюционный сигнал (вымирание) [Сергеев и др., 2010].

Вместе с тем как для эдиакарских, так и для более древних отложений существуют данные, свидетельствующие о большом влиянии на таксономический состав ископаемых микробиот таких факторов, как глубина и гидродинамические условия бассейна [Butterfield, Chandler 1992; Вейс, Петров, 1994]. Несмотря на возможность переноса микроорганизмов в пределах палеобассейна, существует значительная фациальная приуроченность таксономически богатых ассоциаций, благоприятные и неблагоприятные обстановки для их формирования.

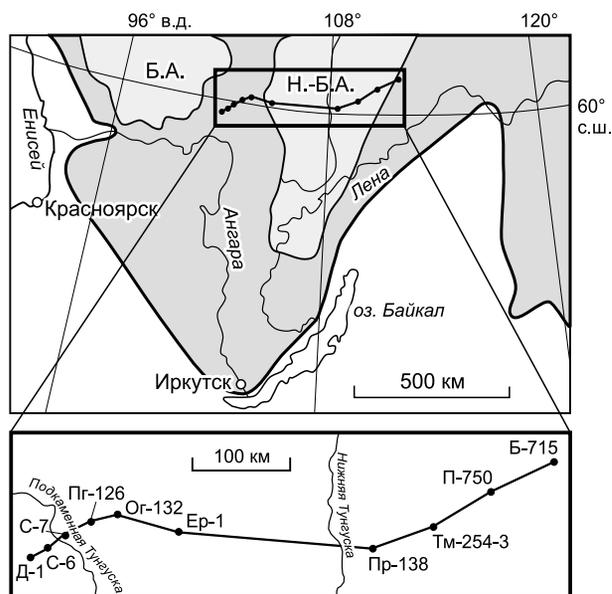
Настоящая работа направлена на выделение экологического сигнала в таксономическом составе вендских микробиот. Непский горизонт, с одной стороны содержащий наиболее разнообразные для венда Сибирской платформы и контрастные комплексы микрофоссилий, а с другой стороны вскрытый большим количеством нефтепоисковых скважин и, как следствие, доступный для реконструкции обстановок формирования бассейна, представляет собой хороший объект для фациально-экологических исследований. Проведенное ранее изучение обстановок осадконакопления его отложений показало, что непский горизонт представляет собой достаточно сложно устроенную полифациальную последовательность [Лебедев, Чернова, 1996; Кочнев, 2008]. Целью настоящего исследования было сопоставить реконструированные обстановки осадконакопления с данными микрофитологического анализа обнаруженных в них ориктоценозов и «населить» палеообстановки микроорганизмами, выявить экологическую структуру вендской ископаемой микробиоты.

СТРАТИГРАФИЯ И ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ НЕПСКОГО ГОРИЗОНТА

Стратиграфия. Рассматриваемый регион включает в себя южную часть Непско-Ботуобинской антеклизы и ее западный (Катангская седловина) и юго-восточный склоны (рис. 1). На этой территории непский горизонт включает в себя ванаварскую свиту на западе и курсовскую свиту на востоке (рис. 2). В более мощных разрезах юго-восточного склона антеклизы, приближенных к Байкало-Патомскому прогибу, аналогом курсовской свиты является паршинская и талахская свиты [Решения..., 1989; Стратиграфия..., 2005]. Курсовская, паршинская и ванаварская свиты подразделяются на нижнюю и верхнюю подсвиты [Решения..., 1989]. Эти толщи представлены разнообразным переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов общей мощностью от 15—20 м в сводовой части палеоподнятия до 140 м на западном склоне и до 200 м и более на восточном склоне антеклизы.

Рис. 1. Схема расположения изученных скважин на территории Сибирской платформы.

Внутриплатформенные поднятия: Б.А. — Байкитская антеклиза, Н.-Б.А. — Непско-Ботуобинская антеклиза. Сокращения названий площадей глубокого бурения: Д — Деликтунконская, С — Собинская, Пг — Пайгинская, Ог — Огневская, Ер — Ереминская, Пр — Преображенская, Тм — Тымпучинская, П — Пеледуйская, Б — Бюкская.



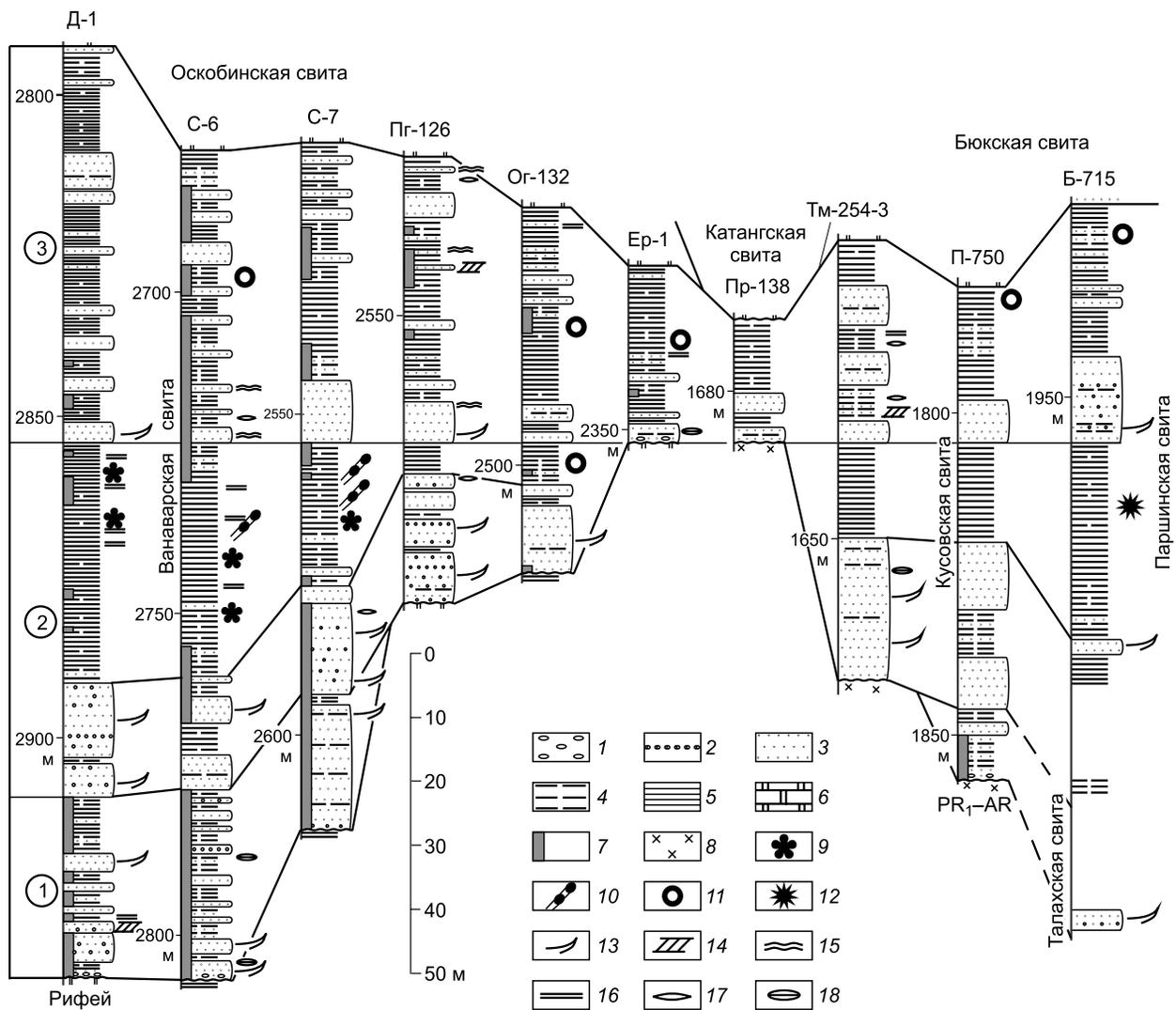


Рис. 2. Схема корреляции отложений непского горизонта.

1—8 — литологические различия: 1 — конгломераты, 2 — гравелиты, 3 — песчаники, 4 — алевролиты, 5 — аргиллиты, 6 — доломиты, 7 — красноцветные отложения, 8 — породы фундамента; 9—12 — местоположение находок ассоциаций микрофоссилий, соответствующих биофациям: 9 — Переходная, 10 — Vanavarataenia, 11 — Oscillatorioopsis, 12 — Appendisphaera; 13—18 — осадочные текстуры: 13 — грубая кося слоистость, 14 — тонкая кося слоистость, 15 — волнистая слоистость, 16 — параллельная слоистость, 17 — линзовидная слоистость, 18 — галка аргиллита. Цифры в кружках — номера осадочных систем ванаварской свиты. Остальные усл. обозн. см. на рис. 1.

В качестве стратиграфических реперов в них используются пласты песчаников, выделяемые как продуктивные горизонты. На территории Катангской седловины (запад рассматриваемого района) это продуктивные пласты ВН-I—ВН-V [Литология..., 1988], а в сводовой части антеклизы и на ее юго-восточном склоне в качестве основных маркеров используются пласты В-10 (ярактинский, хамакинский, чонский-1) и В-13 (безымянный, чонский-2, талахский) [Непско-Ботуобинская..., 1986]. На основании детальной корреляции по данным каротажа в отложениях непского горизонта предполагается наличие нескольких локальных и региональных перерывов в осадконакоплении [Мельников, 1994; Шемин, 2007]. Одновозрастность ванаварской и курсовской свит доказывается как сходным составом и строением, так и непосредственной корреляцией самих свит и входящих в их состав горизонтов и пачек через ряд скважин вдоль южного склона Непско-Ботуобинской антеклизы [Шемин и др., 1988; Решения..., 1989; Стратиграфия..., 2005; Шемин, 2007].

Из-за отсутствия прямых геохронологических датировок, представления о возрасте непского горизонта основываются главным образом на региональной корреляции разрезов внутренних районов с разрезами обнаженной периферии Сибирской платформы. Отложения оскобинской свиты тирского го-

ризонта, перекрывающие ванаварскую свиту, сопоставляются с хатыспытской свитой Оленекского поднятия северо-востока Сибирской платформы и с верхней подсвитой ушаковской свиты Прибайкалья, которые содержат разнообразные остатки биоты эдиакарского типа [Хоментовский и др., 2004; Стратиграфия..., 2005]. Песчаники нижней части ушаковской свиты содержат детритовые цирконы с минимальными возрастными около 554 млн лет [Гладкочуб и др., 2013], а для хатыспытской свиты по ассоциации различных типов органических остатков оценка возраста лежит в интервале 555—550 млн лет [Grazhdankin et al., 2008; Rogov et al., 2012]. Таким образом, отложения непского горизонта будут, скорее всего, древнее этих значений. Уменьшить эту неопределенность позволяют определения изотопного состава углерода из непского горизонта восточного склона Непско-Ботуобинской антеклизы. В верхней части паршинской свиты и ее аналогов нами найдены карбонатные породы без признаков существенных вторичных преобразований, для которых значения $\delta^{13}\text{C}$ составляют $-8\text{...}-11\text{‰}$, что характерно лишь для крупнейшего негативного С-изотопного события эдиакария Шурам-Вонока [Кочнев, Покровский, 2014]. В средней части паршинской свиты значения $\delta^{13}\text{C}$ становятся околонулевыми, таким образом, негативный экскурс, по имеющимся на сегодняшний день данным, не выходит за пределы верхнего подгоризонта непского горизонта. Возраст С-изотопного события Шурам-Вонока, согласно последним обобщениям, охватывает интервал 560—551 млн лет [Macdonald et al., 2013]. Таким образом, верхняя часть непского горизонта может быть с определенной достоверностью отвечать интервалу 555—560 млн лет, а нижняя часть может быть древнее 560 млн лет. При этом в составе непского горизонта отсутствуют ледниковые отложения гляциоэпохи Марино (660—635 млн лет), развитые вдоль южной окраины Сибирского кратона [Чумаков и др., 2013], что позволяет сделать заключение о том, что базальные слои непского горизонта существенно моложе 635 млн лет.

Обстановки осадконакопления. Согласно седиментологическим построениям, непский горизонт Катангской седловины и восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы сложен различными по генезису отложениями [Стариков, 1989; Лебедев, Чернова, 1996; Кочнев, 2008]. Ванаварская свита Катангской седловины состоит из четырех литологических комплексов, объединяемых в три осадочные системы [Кочнев, 2008]. Нижняя осадочная система сложена континентальными отложениями пролювиальных конусов выноса и русел временных потоков. Она с глубоким размывом залегает на породах камовской и огневской серий рифея. Для этих отложений характерны плохая окатанность и сортировка обломочного материала, кварцево-литокластический состав обломков, однонаправленная косая слоистость, глинистый цемент с большим количеством гидроксидов железа, придающий породам интенсивную красно-бурую окраску, неравномерное распределение глинистых и песчаных прослоев, увеличение мощности отложений в сторону от области денудации (см. рис. 2). В центральной части палеоподнятия, располагавшегося вблизи современного свода Непско-Ботуобинской антеклизы, эти отложения отсутствуют.

Вторая осадочная система залегает на подстилающих толщах трансгрессивно с размывом и сложена морскими отложениями. Она представлена в нижней части песчано-гравелистыми фациями береговой зоны, для которых характерны крупная разнонаправленная косая слоистость, уменьшение размерности и увеличение степени окатанности вверх по разрезу, преимущественно кварцевый состав обломков. Мощность песчаных тел сильно меняется по латерали [Кочнев, 2008]. Вверх по разрезу песчаники замещаются на алевролиты, а затем и на аргиллиты, формировавшиеся в более глубоководных обстановках. Об этом свидетельствуют преобладание тонкообломочных осадков и преимущественно горизонтальная слоистость. По направлению к береговой линии мощность тонких осадков сокращается (см. рис. 2), и они замещаются на прибрежные песчаники. Таким образом, вторая осадочная система ванаварской свиты представляет собой трансгрессивный тракт, который отсутствует в центральной части палеоподнятия, представлявшей собой в это время область суши.

Третья осадочная система, основание которой совпадает с границей между верхней и нижней подсвитами ванаварской свиты, сложена сложным вертикальным и латеральным чередованием песчаников, алевролитов и аргиллитов. Песчаники, как правило, мелкозернистые, кварцевые, хорошо сортированные. Слоистость пород волнистая, тонкая косая, линзовидная. Предполагается, что эти отложения формировались в обстановках обширного морского мелководья — песчаные отмели, острова и разделяющие их мелководные заливы и лагуны, соответствуя тракту высокого стояния уровня моря при компенсированном осадконакоплении [Кочнев, 2008]. Переход к вышележащим карбонатно-терригенным отложениям оскобинской свиты, формировавшимся в условиях крайнего мелководья и повышенной солености, постепенный на протяжении первых метров. В отличие от двух предыдущих осадочных систем этот комплекс перекрывает всю территорию Непско-Ботуобинской антеклизы, за исключением лишь отдельных участков (см. рис. 2).

В непское время территория Катангской седловины представляла собой эпиконтинентальный относительно мелководный полузамкнутый бассейн. Области сноса в это время реконструируются как на западе и северо-западе (Байкитская антеклиза), так и на востоке (центральные районы Непско-Боту-

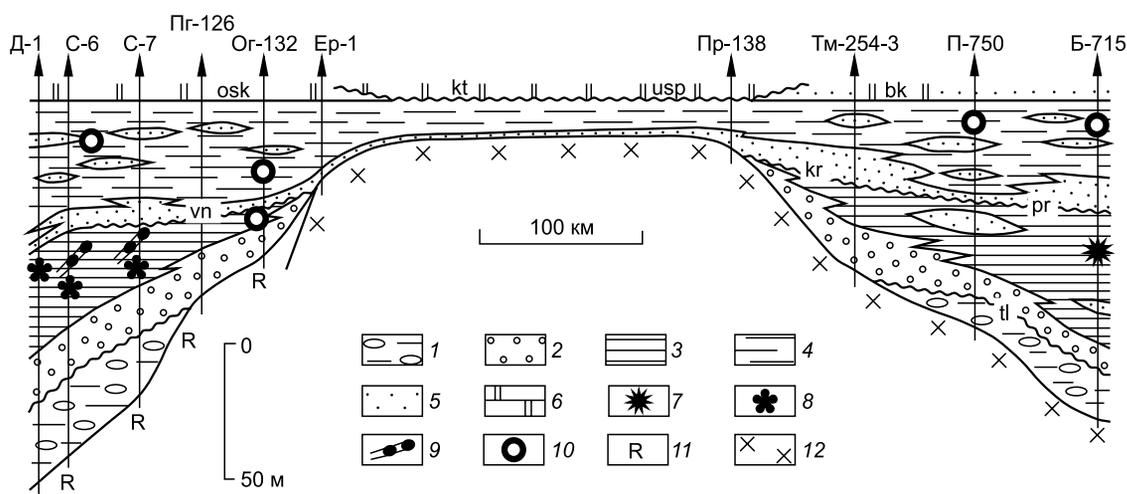


Рис. 3. Фациальная приуроченность микрофоссилий непского горизонта.

1—6 — обстановки осадконакопления и фации: 1 — гравелиты, песчаники и глинистые отложения временных потоков и пролювиальных конусов выноса, 2 — песчаники и гравелиты прибрежной зоны, 3 — алевриты и аргиллиты внешнего шельфа, 4 — алевриты мелководных заливов и лагун, 5 — песчаники отмелей и песчаных островов, 6 — карбонаты морского мелководья; 7—10 — биофации: 7 — *Appendisphaera*, 8 — Переходная, 9 — *Vanavarataenia*, 10 — *Oscillatoropsis*; 11 — отложения рифея; 12 — архей-раннепротерозойский фундамент. Индексы свит: vn — ванаварская, usk — оскобинская, kt — катангская, usр — ус-пунская, bk — бюкская, kr — курсовская, pr — паршинская, tl — талахская. Расположение и название скважин см. на рис. 1.

обинской антеклизы) [Мельников и др., 1989; Sovetov, 2002]. К югу от Катангской седловины шельфовые отложения непского горизонта замещаются на прибрежно-морские и флювиальные, которые связаны с вендским форландовым бассейном вдоль Присяянья [Sovetov, 2002].

Для восточного склона Непско-Ботуобинской антеклизы в непском горизонте ранее были реконструированы близкие к описанным выше для ванаварской свиты обстановки осадконакопления и тренды их вертикального изменения [Лебедев, Чернова, 1996]. Нижняя часть талахской свиты, залегающая с корой выветривания на дорифейском фундаменте, сложена преимущественно континентальными отложениями пролювиальных конусов выноса. В верхней части свиты наряду с континентальными появляются трансгрессивно залегающие на них морские отложения — песчаники прибрежной зоны, а в восточных разрезах и более дистальные тонкообломочные разности. Нижняя часть вышележащей паршинской свиты, как и третий литологический комплекс ванаварской свиты, сложена преимущественно алевритами и аргиллитами, формировавшимися в относительно глубоководных условиях и отвечающими стадии высокого стояния уровня моря. На них с частичным размывом залегает верхнепаршинская подсвита, которая сложена разнообразными по составу терригенными породами, формировавшимися преимущественно в мелководных условиях. Перекрывающие верхнепаршинскую подсвиту доломитовые, а в нижней части песчаные отложения бюкской свиты образуют с ней единый фациальный ряд, отвечающий переходу от терригенного к преимущественно карбонатному типу осадконакопления в условиях мелководного эпиконтинентального бассейна. Аналогичные обстановки реконструированы нами для верхов ванаварской и нижней части оскобинской свиты Катангской седловины (см. выше). Таким образом, сопоставление данных по обоим склонам Непско-Ботуобинского палеоподнятия дает практически симметричную картину распределения фаций (рис. 3).

Тем не менее различия в условиях формирования нижней части вендских отложений на территории Катангской седловины и на восточном склоне Непско-Ботуобинской антеклизы весьма существенны. Первая область в течение ранневендского времени представляла собой относительно мелководный, частично замкнутый с севера, запада и юго-запада бассейн [Мельников и др., 1989], в котором могла иметь место аномальная (как повышенная, так и пониженная) солёность вод. Восточный склон Непско-Ботуобинской антеклизы, в свою очередь, представлял собой окраину открытого относительно глубоководного морского бассейна, о чем свидетельствует наличие на протяженной территории мощных толщ тонкообломочных осадков к востоку и юго-востоку [Стратиграфия..., 2005].

БИОФАЦИИ НЕПСКОГО ГОРИЗОНТА

Микрофоссилии в отложениях непского горизонта известны на нескольких уровнях на восточном и западном склонах Непско-Ботуобинской антеклизы [Пятилетов, 1980, 1985; Каталог..., 1989; Руда-

кая, Васильева, 1989; Moczydlowska et al., 1993; Голубкова и др., 2010]. Их находки приурочены к тонкообломочным алюмосиликокластическим отложениям, сформировавшимся в морских обстановках (средняя и верхняя часть ванаварской и курсовской свит, паршинская свита). Изученный палеонтологический материал позволил выделить по таксономическому составу четыре различных биофаций.

Биофация *Appendisphaera*. Хотя преобладающим таксоном в ассоциациях являются простые сферические оболочки различных размеров *Leiosphaeridia*, наиболее важными и заметными остатками данной биофации являются акантоморфные акритархи доушаньто-пертататакского облика: *Appendisphaera grandis*, *A. minima*, *A. tabifica*, *A. tenuis*, *Cavaspina acuminata*, *Ceratosphaeridium glaberosum*, *Tanarium conoideum*, а также не описанные ранее *Tanarium?* sp.; *Cavaspina* sp.1, sp.2. Нитчатые микрофоссилии представлены многорядными слоевищами *Talakania obscura*, ветвящимися талломами с булавовидной формой ветвей, а также цианобактериальными остатками — полыми чехлами *Siphonophycus* sp. и трихомами *Oscillatoriopsis* sp. В изученном профиле встречена в скв. Бюкская-715, гл. 1962.2—1968.8 м.

Переходная биофация. Характеризуется обычно относительно низким содержанием микрофоссилий в мацерате, однако в ряде случаев довольно разнообразным составом и присутствием форм, характерных для остальных биофаций. Бентосные нитчатые остатки здесь, как правило, разрушены до мелких фрагментов и поэтому являются предположительно аллохтонными. Особенно показательно это на остатках крупных бентосных нитчатых водорослей *Vanavarataenia insolata*, у которых сохраняются фрагменты как вегетативной части таллома, так и медиальные и терминальные спорангии (рис. 4, фиг. 21—23). Присутствуют простые нитчатые остатки цианобактерий *Oscillatoriopsis*, *Siphonophycus*, в том числе в мелких фрагментах дерновин, спиральные *Glomovertella*, зональные нити *Omalophyma solida*. Разнообразны в биоте коккоидные, вероятно, планктонные формы: простые сферические мелкие и крупные оболочки *Leiosphaeridia*; мелкие сферические формы со стриатной скульптурой cf. *Valeria*; морфологически более сложные коккоидные формы с широкими редкими выростами *Pulvinosphaeridium*; оболочки неправильной формы (делящиеся?) с относительно редкими замкнутыми петлевидными выростами на поверхности; вытянутые оболочки *Brevitrichoides*, возможно, являющиеся цистами водорослей; сферические акритархи орнаментированные мелкими коническими выростами; мелкие полигональные и веретенковидные оболочки. Возможным бентосным компонентом биоты являются крупные ветвящиеся талломы с редкими поперечными перегородками, тип ветвления которых (несколько ветвей их одной точки, см. рис. 4, фиг. 26) позволяет предполагать вероятное наличие петлевидных структур и сравнивать данные остатки с *Aimonema ramosa* Hermann; крупные толстостенные овальные оболочки с тонкой поперечной морщинистостью без складок смятия на поверхности и мелкие колонии морфологически изменчивых коккоидных клеток, отнесенные к обычно сохраняющимся на поверхностях микробных пленок *Eosaccoromyces*. В изученном профиле переходная биофация распространена в скважинах Деликтуконская-1, гл. 2856.5—2883.6; Собинская-6, гл. 2738—2753; Собинская-7, гл. 2564—2568 м.

Биофация *Vanavarataenia* характеризуется в большинстве случаев высокой насыщенностью мацерата микрофоссилиями. Преобладающий бентосный таксон — сложноустроенные нитчатые водоросли с многочисленными медиальными и терминальными спорангиеподобными сферическими структурами *Vanavarataenia insolata*, в ряде случаев формирующие моновидовые ассоциации с автохтонным захоронением полных неразрушенных ювенильных экземпляров (см. рис. 4, фиг. 33, 34) и крупных фрагментов взрослых организмов (см. рис. 4, фиг. 35, 37). Также бентосными, вероятно, являются нитчатые талломы с петлевидными структурами и регулярными поперечными перегородками (см. рис. 4, фиг. 42) и крупные коккоидные толстостенные вытянутые оболочки с пережимами и тонкой поперечной морщинистостью без складок смятия на поверхности. Присутствуют также оболочки неправильной формы с относительно редкими замкнутыми дугообразными выростами и сферические оболочки с округлыми отверстиями на поверхности. Мелкие коккоидные оболочки представлены простыми сферическими формами *Leiosphaeridia crassa*, *L. minutissima*, *L. jacutica*, *L. tenuissima*, а также формами с внешней каймой *Simia annulare*. Присутствуют простые нити: чехлы и трихомы осцилляториевых цианобактерий, зональные *Omalophyma solida*. В изученном профиле распространена в скважинах Собинская-7, гл. 2558—2561, Собинская-6, гл. 2736, Собинская-15, гл. 2619—2620 м.

Биофация *Oscillatoriopsis*. Преобладают простые нитчатые формы: полые чехлы *Siphonophycus*, мелкие и крупные цианобактериальные трихомы *Oscillatoriopsis*; нити с зональной окраской *Omalophyma solida*; изредка присутствуют нити (чехлы?) с диагональной стриатной скульптурой *Pomoriorhomboidales*. Коккоидные формы представлены исключительно мелкими сферическими оболочками *Leiosphaeridia crassa*; *L. minutissima*, *L. tenuissima*. Биофация распространена наиболее широко в изученных разрезах: скв. Огневская-132, гл. 2479,7—2503; Собинская-6, гл. 2706; Ереминская-1, гл. 2345 м.

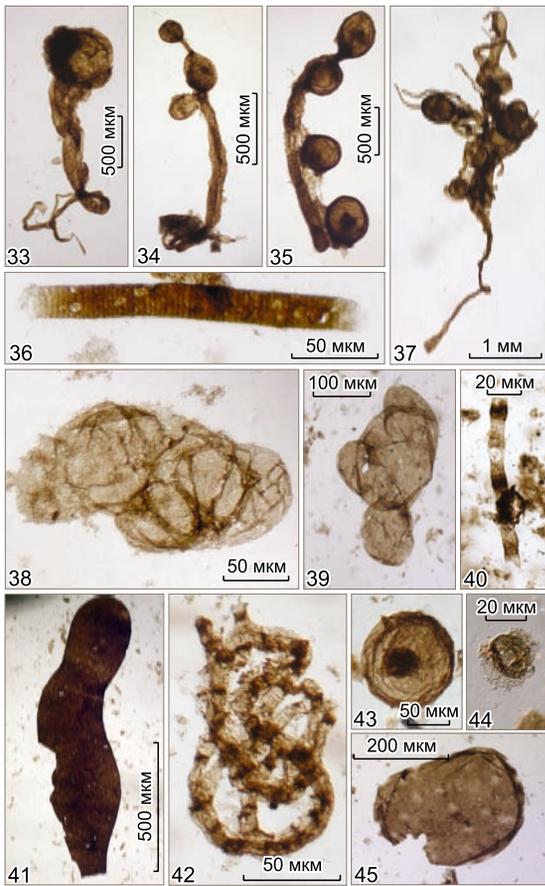
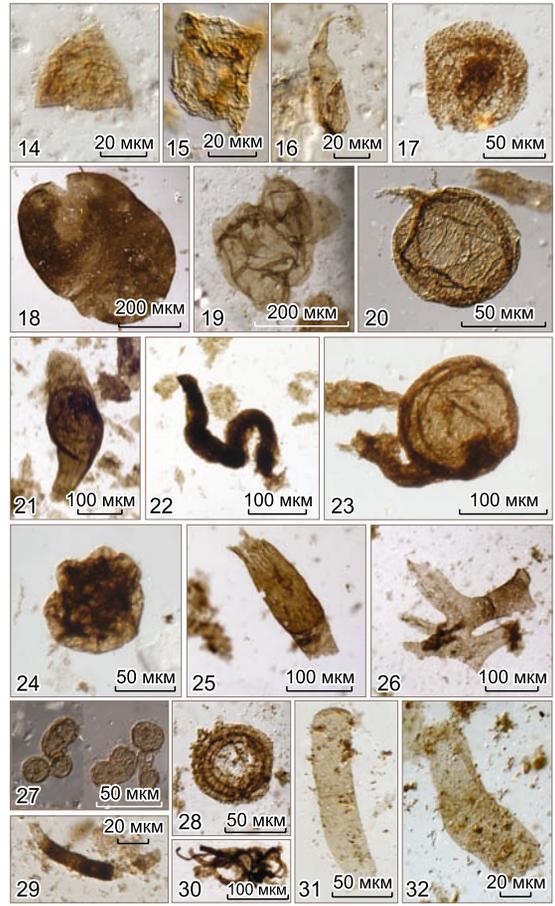
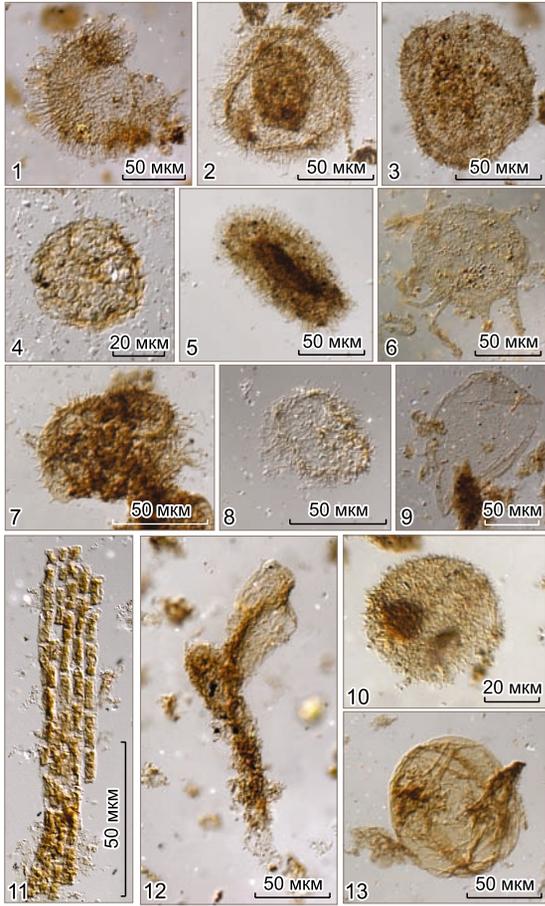


Рис. 4. Таксономический состав изученных ассоциаций.

I — биофация *Appendisphaera*:

1, 2 — *Appendisphaera grandis* Moczydlowska; 3 — *Appendisphaera tenuis* Moczydlowska; 4 — *Cavaspina acuminata* (Kolosova); 5 — *Appendisphaera tabifica* Moczydlowska; 6 — *Tanarium conoideum* (Kolosova); 7 — *Tanarium?* sp.; 8 — *Appendisphaera minima* Nagovitsin et Faizullin; 9 — *Cavaspina* sp.1; 10 — *Cavaspina* sp.2; 11 — *Talakania obscura* Kolosov; 12 — фрагмент нитчатого ветвящегося таллома с булавовидной формой ветвей; 13 — *Ceratosphaeridium glaberosum* Grey.

II — Переходная биофация:

14, 15 — мелкие полигональные коккоидные формы; 16 — веретеновидная оболочка, 17 — среднеразмерная оболочка, орнаментированная мелкими коническими выростами; 18 — крупная толстостенная коккоидная овальная оболочка с пережимом и тонкой поперечной морщинистостью без складок смятия на поверхности; 19 — коккоидная оболочка неправильной формы с петлевидными выростами на поверхности; 20 — cf. *Valeria lophostriata*, мелкая сферическая оболочка с мелкой структурой (тонкая складчатость) «субширотного» расположения; 21—23 — мелкие фрагменты cf. *Vanavarataenia insolata* Pjatiletov: 21 — медиальный спорангий, 22 — обрывок вегетативной части нити, 23 — терминальный спорангий; 24 — коккоидная оболочка с широкими выростами *Pulvinosphaeridium* sp.; 25, 26 — фрагменты крупного ветвящегося таллома с редкими поперечными перегородками, возможно близкие к *Aimonema ramosa* Hermann; 27 — мелкие колонии морфологически изменчивых коккоидных клеток *Eosaccoromyces* sp.; 28 — спирально свернутая нить *Glomovertella* sp.; 29 — *Omalophyma solida* Golub; 30 — обрывок цианобактериальной дерновины, представленной полыми чехлами *Siphonophycus* sp.; 31, 32 — *Brevitrichoides bashkiricus* Jankauskas — тонкостенные овальные вытянутые оболочки, в изученных ориктоценозах обычно разрушенные с одного из концов.

III — биофация *Vanavarataenia*:

33—35, 37 — *Vanavarataenia insolata* Pjatiletov: 33 — начальная стадия развития таллома, мелкий экземпляр с одним терминальным спорангием и ризоидными структурами; 34 — мелкий таллом с терминальным и двумя медиальными спорангиями, 35 — фрагмент терминальной части развитого таллома с четырьмя сферическими спорангиеподобными структурами; 37 — крупный таллом с большим количеством спорангие-подобных структур; 36 — *Oscillatorioopsis (Botuobia) latiuscula* Kolosov; 38, 39 — коккоидные оболочки неправильной формы с петлевидными выростами на поверхности; 40 — *Omalophyma solida* Golub; 41 — вытянутая толстостенная коккоидная оболочка с пережимами и тонкой поперечной морщинистостью без складок смятия на поверхности; 42 — нитчатый таллом с петлевидными структурами и регулярными поперечными перегородками; 43 — *Leiosphaeridia jacutica* (Timofeev); 44 — *Simia annulare* (Timofeev); 45 — крупная сферическая форма с округлыми отверстиями на поверхности оболочки.

VI — биофация *Oscillatorioopsis*:

46, 47 — *Pomorina rhomboidales* (Siverzeva); 48—50 — *Omalophyma solida* Golub; 51 — *Oscillatorioopsis zilimica* (Jankauskas); 52 — полый нитчатый чехол с фрагментарно сохранившимися отпечатками клеточной структуры; 53 — *Oscillatorioopsis (Botuobia) wernadskii* (Schepeleva); 54 — крупный нитчатый чехол *Siphonophycus* sp.; 55, 56 — *Leiosphaeridia crassa* (Naumova); 57, 58 — *Leiosphaeridia minutissima* (Naumova); 59 — *Leiosphaeridia tenuissima* Eisenack.

МОДЕЛЬ ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОФАЦИЙ

Сопоставление данных по распределению выявленных биофаций в изученных разрезах (см. рис. 2) и реконструированных обстановках осадконакопления (см. рис. 3) с учетом информации об общей структуре вендского бассейна юга Сибирской платформы [Лебедев, Чернова, 1996; Мельников и др., 1989; Sovetov, 2002; Стратиграфия..., 2005; Шемин, 2007] позволяет подойти к реконструкции экологической структуры вендской биоты.

Биофация *Appendisphaera*, представляющая в пределах внутренних районов Сибирской платформы биоту доушаньто-пергатаатакского типа, развита в обстановках открыто-морского относительно глубоководного шельфа (нижняя часть паршинской свиты, средняя часть курсовской свиты).

Переходная биофация развита в наиболее дистальных и глубоководных обстановках внутреннего, частично изолированного бассейна (нижняя—средняя часть 2-й осадочной системы ванаварской свиты), а в более проксимальных обстановках (скв. Собинская-7) — только в нижней половине тонкотерригенной части 2-й осадочной системы. Обогащение таксономического состава переходной биофации вызвано, вероятно, интенсивным притоком морских вод во внутренний бассейн, обусловленным нарастающей трансгрессией.

Биофация *Vanavarataenia* характеризует обстановки частично изолированного бассейна (верхняя часть 2-й осадочной системы ванаварской свиты), которые соответствуют периоду замедления трансгрессии и менее интенсивного водообмена с открытым морем.

Биофация *Oscillatorioopsis* характерна для большинства мелководных обстановок и развита наиболее широко в обстановках протяженного шельфа (3-я осадочная система ванаварской свиты, а также верхняя часть курсовской и паршинской свит), которые отвечают максимально широкому затоплению территории и дальнейшему постепенному превращению бассейна в обширную, вероятно, засоленную лагуну.

Следует отметить, что в наиболее разнообразных биотах Катангской седловины (биофации Переходная и *Vanavarataenia*) прослеживается различие между дистальными и проксимальными фациями,

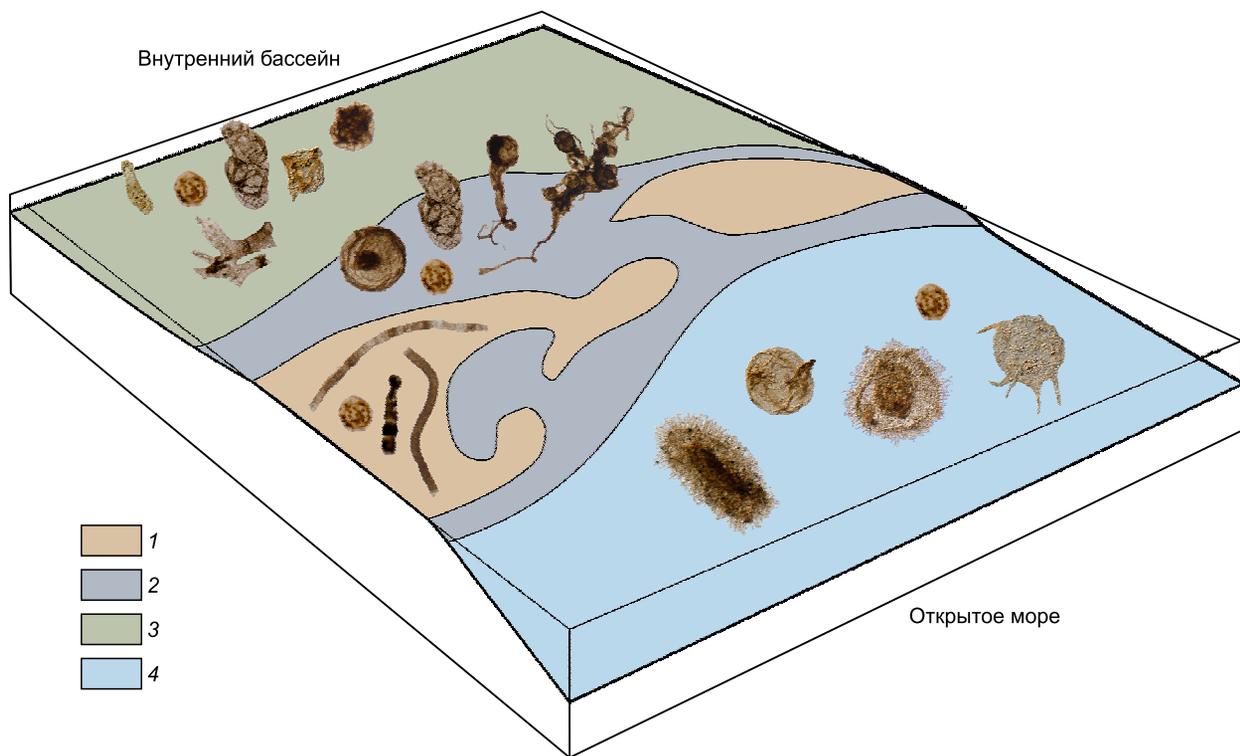


Рис. 5. Модель палеоэкологического распределения вендской микробиоты в обстановках внутреннего и открыто-морского бассейна Сибирской платформы.

Биофации: 1 — *Oscillatoriopsis*, 2 — *Vanavarataenia*, 3 — Переходная, 4 — *Appendisphaera*.

что выражается как в исчезновении крупных бентосных форм (или их разрушении при переносе), так и в обогащении таксономического состава в направлении от береговой линии к дистальным обстановкам. Смена биофации *Vanavarataenia* на Переходную происходит внутри однородной монофацальной толщи, сложенной в основном аргиллитами средней части ванаварской свиты. Кроме того, эта смена происходит достаточно «постепенно», поскольку в наблюдаемых ориктоценозах можно проследить весь ряд от практически моновидовых ассоциаций с *Vanavarataenia insolata* через наиболее богатые биоты биофации *Vanavarataenia*, представленные на рис. 4, к относительно бедным ассоциациям с редкими аллохтонными фрагментами *Vanavarataenia insolata* и к богатым ассоциациям Переходной биофации (см. рис. 4). В открыто-морских обстановках восточного склона Непско-Ботубинской антеклизы (биофация *Appendisphaera*) наблюдается значительное разнообразие микрофоссилий, среди которых преобладают наиболее важные с биостратиграфической точки зрения таксоны — крупные акантоморфные акритархи с различной морфологией выростов.

Проведенное изучение ископаемых растительных микроостатков в отложениях непского горизонта показывает, что их распределение как по разрезу, так и по латерали носит достаточно сложный характер с постепенными переходами между различными типами ассоциаций и тесно связано с обстановками осадконакопления. Некоторое упрощение структуры (с целью формализации) вендской биоты изученных районов с привязкой к реконструированным обстановкам осадконакопления позволяет нам предложить палеоэкологическую модель вендской микробиоты юга Сибирской платформы, в которой впервые для подобных исследований учитывается влияние фактора изолированности бассейна (рис. 5).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Предлагаемая для вендского бассейна непского горизонта модель в целом согласуется с построенной ранее для рифейских отложений Туруханского поднятия моделью фациально-экологического распределения микрофоссилий [Вейс, Петров, 1994]. Увеличение разнообразия микроорганизмов от мелководных обстановок к более глубоководным фиксируется в обеих моделях, однако последующее уменьшение биоразнообразия в наиболее дистальных и глубоководных фациях на изученных нами объектах не наблюдается. Вероятно, что наши наиболее дистальные обстановки с большим разнообразием

микроорганизмов соответствуют «среднеглубинным» (или «оптимальным», т.е. самым таксономически богатым) обстановкам в модели А.Ф. Вейса и П.Ю. Петрова. У нас эти наиболее разнообразные и стратиграфически значимые ассоциации микрофоссилий встречены на близком стратиграфическом уровне в морских отложениях с достаточно спокойной гидродинамической обстановкой — в тонкообломочных фациях дистального открыто-морского шельфа (верхняя часть курсовской свиты) и в тонкообломочных фациях полуизолированного бассейна (средняя часть ванаварской свиты). Однако, несмотря на сходные литофациальные характеристики вмещающих отложений, таксономический состав микробиот практически не пересекается (за исключением ряда простых повсеместно распространенных форм). На территории Катангской седловины, где бассейн был полузамкнутый, существовали иные сообщества микроорганизмов, история развития которых имеет свои особенности. Смена ассоциаций (от биофации Переходной к *Vanavarataenia*) внутри средней части ванаварской свиты происходит в разрезах скважин в единой литофациальной толще. Ни смена окраски пород, ни появление либо исчезновение каких-либо характерных минеральных включений (например, сульфиды или сульфаты) не было отмечено для переходного уровня. Наши попытки оценить некоторые геохимические особенности глинистой фракции, пригодные для индикации изменений в химизме воды палеобассейна, также оказались безрезультатными. В то же время на профиле (см. рис. 2) видно вертикальное скольжение границ обсуждаемых биофаций. К примеру, ареал биофации *Vanavarataenia* расположен между более проксимальной биофацией *Oscillatoropsis* на востоке и более дистальной Переходной биофацией на западе. Ареал Переходной биофации более широк в нижней части толщи (тонкотерригенного члена второй осадочной системы), а вверх по разрезу существенно смещается в восточную (дистальную) часть профиля. Таким образом, ареалы биофаций в районе внутреннего бассейна Катангской седловины контролировались, по всей видимости, глубиной бассейна или удаленностью от берега. Разрешающая способность литофациального метода не позволяет наблюдать различия в обстановках осадконакопления толщ, содержащих ассоциации биофаций *Vanavarataenia* и Переходной. В целом рассматриваемые осадки полуизолированного бассейна Катангской седловины формировались, скорее, в условиях нормальной или повышенной солености вод, чем в пресноводных обстановках. На это указывают относительно высокие (130—240 г/т) концентрации бора в глинистой фракции с размером частиц менее 2 мкм.

Для вендского бассейна Восточно-Европейской платформы М.Б. Бурзиным [Burzin, 1996] была проведена реконструкция фациального распределения сообществ микроорганизмов. Ввиду того, что этот бассейн был так же, как и Катангский, внутриплатформенным и в разное время частично или полностью изолированным, сопоставление наших и опубликованных данных имеет особую ценность. Таксономические аналоги выделенных нами биофаций достаточно уверенно выделяются в вендских отложениях Восточно-Европейской платформы. Близкий по составу биофации *Vanavarataenia* комплекс котлинского и ровенского горизонтов венда содержит остатки ветвящихся талломов со спорангиями, морфологически неотличимых от *Vanavarataenia insolata* [Бурзин, 1993; Burzin, 1996]. Ассоциация нижней части редкинского горизонта вычегодского прогиба [Подковыров и др., 2011], где, по всей видимости, в это время был максимально интенсивный водообмен с открытым морем, содержит богатую биоту доушанто-пергатаатского типа [Vorob'eva et al., 2009], которую с уверенностью можно сопоставить с биотами Сибирской платформы, отнесенными к биофации *Appendisphaera*. Среди раннередкинских ассоциаций Московской синеклизы и южных областей бассейна в обстановках, более удаленных от пролива, соединяющего внутренний редкинский бассейн с морем, указываются таксономически разнообразные ассоциации (включающие ряд проблематичных форм) [Бурзин, 1993; Burzin, 1996], очень напоминающие выделенную нами Переходную биофацию. В котлинском горизонте в наиболее мелководных обстановках окраины платформы обнаружена ассоциация, близкая к таксономически бедной биофации *Oscillatoropsis*, но с присутствием мелких акантоморфит, вероятно, за счет привноса планктонной составляющей. Наиболее важным является факт, что перечисленные разновозрастные ассоциации Восточно-Европейской платформы в Сибири найдены на весьма близком стратиграфическом уровне. Все четыре биофации обнаружены в пределах одной осадочной системы непского горизонта, не только имеющие сходную историю развития и облик на восточном и западном склонах Непско-Ботубинской антеклизы (см. рис. 3), но и детально скоррелированного по профилям южнее этого палеоподнятия [Шемин, 2007]. Следовательно, различия описанных в литературе ассоциаций микрофоссилий Восточно-Европейской платформы (вычегодская, редкинская, котлинская) обусловлены экологическими причинами, вероятно, в большей степени, чем эволюционными.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Реконструкция обстановок осадконакопления для непского горизонта венда центральной части внутренних районов Сибирской платформы показала, что он включает в себя различные по генезису отложения. Нижний, континентальный комплекс развит лишь на склонах Непско-Ботубинского палеоподнятия и представлен в основном грубообломочными русловыми и пролювиальными фациями. Сред-

ний, трансгрессивный комплекс отвечает времени быстрого затопления склоновых областей и состоит из песчаных прибрежных фаций в нижней и тонкообломочных шельфовых толщ в верхней части. Верхний комплекс, соответствующий периоду высокого стояния уровня моря, сложен чередованием фаций песчаных отмелей и островов и тонкообломочных лагунных отложений.

В рассматриваемых отложениях выделены четыре биофации: 1) *Appendisphaera*, представлена ассоциацией акантоморфит доушаньто-пертататакского типа; 2) Переходная характеризуется большим разнообразием, включающим ряд планктонных и бентосных (в том числе сложно устроенных) таксонов; 3) *Vanavarataenia*, где доминируют одноименные сложные бентосные водоросли; 4) *Oscillatoriopsis* представлена таксономически бедными биотами с морфологически простыми, в основном прокариотическими остатками. Анализ распространения выделенных биофаций по разрезам показал приуроченность их к конкретным реконструированным обстановкам осадконакопления: биофация *Appendisphaera* распространена в дистальных открытоморских обстановках; Переходная биофация характеризует дистальные обстановки внутреннего полуизолированного бассейна, а *Vanavarataenia* — проксимальные; биофация *Oscillatoriopsis* характерна для мелководных обстановок как протяженных, отвечающих периоду высокого стояния, так и локальных. Это позволило предложить палеоэкологическую модель вендской микробиоты, в которой впервые для подобных исследований учитывается влияние фактора изолированности бассейна.

Наиболее важным для биостратиграфических построений является нахождение ассоциаций микрофоссилий доушаньто-пертататакского типа (нижняя подсвита курсовской свиты восточного склона Непско-Ботуобинской антеклизы) и близких к верхневендским редкинской и котлинской (нижневанаварская подсвита Катангской седловины) на близком стратиграфическом уровне в пределах распространения одного непского горизонта верхневендского бассейна Сибирской платформы. Таким образом, эти ассоциации являются биофациями единой верхневендской биоты Сибирской платформы. Эволюционные тренды и новации, по-видимому, необходимо рассматривать в отдельности для каждой выделенной биофации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 14-05-00274 (литолого-фациальные построения) и РФФИ № 14-17-00409 (палеонтологические и биофациальные исследования).

Мы благодарны Б.Г. Краевскому и анонимному рецензенту за ценные замечания и предложения, позволившие улучшить статью.

ЛИТЕРАТУРА

Бурзин М.Б. Микробные бентосные сообщества позднего венда // Проблемы доантропогенной эволюции биосферы. М., Наука, 1993, с. 282—293.

Вейс А.Ф., Петров П.Ю. Главные особенности фациально-экологического распределения микрофоссилий в рифейских бассейнах Сибири // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 1994, т. 2, № 5, с. 97—129.

Воробьева Н.Г., Сергеев В.Н., Семихатов М.А. Уникальная нижневендская кельтминская микробиота Тимана: новые данные о палеонтологии венда и его глобальной характеристике // ДАН, 2006, т. 410, № 3, с. 366—371.

Гладкочуб Д.П., Станевич А.М., Мазукабзов А.М., Донская Т.В., Писаревский С.В., Николь Г., Мотова З.Л., Корнилова Т.А. Ранние этапы развития Палеоазиатского океана: данные по LA-ICP-MS датированию детритовых цирконов из позднедокембрийских толщ южного фланга Сибирского кратона // Геология и геофизика, 2013, т. 54 (10), с. 1472—1490.

Голубкова Е.Ю., Раевская Е.Г., Кузнецов А.Б. Нижневендские комплексы микрофоссилий Восточной Сибири в решении стратиграфических проблем региона // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2010, т. 18, № 4, с. 3—27.

Каталог органических остатков позднего докембрия юга Восточной Сибири (Иркутская область, Бурятская АССР, Якутская АССР, север Читинской области). Иркутск, ВостСибНИИГТиМС, 1989, 134 с.

Кочнев Б.Б. Обстановки осадконакопления ванаварской свиты венда Сибирской платформы // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2008, т. 16, № 1, с. 22—33.

Кочнев Б.Б., Покровский Б.Г. С-изотопные события в разрезе венда Предпатомского прогиба юга Сибирской платформы // Геодинамическая эволюция Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы совещания. Вып. 12. Иркутск, ИЗК СО РАН, 2014, с. 153—154.

Лебедев М.В., Чернова Л.С. Фациальные модели терригенных отложений венда северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы (Сибирская платформа) // Геология и геофизика, 1996, т. 37 (10), с. 51—64.

Литология и условия формирования резервуаров нефти и газа Сибирской платформы // Под ред. Т.И. Гуровой, Л.С. Черновой. М., Недра, 1988, 254 с.

- Мельников Н.В.** Стратиграфические несогласия в разрезе венда Катангской седловины // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (4), с. 27—35.
- Мельников Н.В., Шемин Г.Г., Ефимов А.О.** Палеогеография Сибирской платформы в венде // Палеогеография фанерозоя Сибири. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1989, с. 3—10.
- Непско-Ботуобинская** антеклиза — новая перспективная область добычи нефти и газа на северо-востоке СССР. Новосибирск, Наука, 1986, 245 с.
- Подковыров В.Н., Гражданкин Д.В., Маслов А.В.** Литогеохимия тонкозернистых обломочных пород венда южной части Вычегодского прогиба // Литология и полезные ископаемые, 2011, № 5, с. 484—504.
- Пятилетов В.Г.** Юдомский комплекс микрофоссилий Южной Якутии // Геология и геофизика, 1980 (7), с. 8—20.
- Пятилетов В.Г.** Водоросли юдомия (венда) запада Сибирской платформы // ДАН СССР, 1985, т. 281, № 4, с. 934—936.
- Решения** Четвертого Межведомственного регионального стратиграфического совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1989, 64 с.
- Рудаевская В.А., Васильева Н.И.** Талсинский комплекс акритарх Непско-Ботуобинской антеклизы // Фитостратиграфия и морфология спор древних растений нефтегазоносных провинций СССР. Л., ВНИГРИ, 1989, с. 5—11.
- Сергеев В.Н., Семихатов М.А., Федонкин М.А., Воробьева Н.Г.** Основные этапы развития докембрийского органического мира: сообщение 2. Поздний протерозой // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2010, т. 18, № 6, с. 3—34.
- Стариков Л.Е.** Фациальные особенности накопления вендских терригенных отложений Катангской седловины // Геология нефти и газа, 1989, № 11, с. 53—56.
- Стратиграфия** нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления / Ред. Н.В. Мельников. Новосибирск, Изд-во «Гео», 2005, 428 с.
- Чумаков Н.М., Семихатов М.А., Сергеев В.Н.** Опорный разрез вендских отложений юга средней Сибири // Стратиграфия. Геологическая корреляция, 2013, т. 21, № 4, с. 26—51.
- Шемин Г.Г.** Геология и перспективы нефтегазоносности венда и нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы (Непско-Ботуобинская, Байкитская антеклизы и Катангская седловина). Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2007, 467 с.
- Шемин Г.Г., Стариков Л.Е., Краснянский А.Л.** Результаты детальной корреляции вендских терригенных отложений Верхнечонского и Собинского месторождений // Региональная стратиграфия нефтегазоносных районов Сибири. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1988, с. 5—9.
- Хоментовский В.В., Постников А.А., Карлова Г.А., Кочнев Б.Б., Якшин М.С., Пономарчук В.А.** Венд Байкало-Патомского нагорья (Сибирь) // Геология и геофизика, 2004, т. 45 (4), с. 465—484.
- Burzin M.B.** Late Vendian (Neoproterozoic III) microbial and algal communities on the Russian Platform: model of facies-dependent distribution, evolution and reflection of basin development // Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia. 1996, v. 102, № 3, p. 307—316.
- Butterfield N., Chandler F.** Paleoenvironmental distribution of Proterozoic microfossils, with an example from the Agu Bay Formation, Baffin Island // Paleontology, 1992, v. 35, Part 4, p. 943—957.
- Condon D.J., Zhu M.Y., Bowring S.A., Wang W., Yang A.H., Jin Y.** U-Pb ages from the Neoproterozoic Doushantuo Formation, China // Science, 2005, v. 308, p. 95—98.
- Grazhdankin D.V., Balthasar U., Nagovitsin K.E., Kochnev B.B.** Carbonate-hosted Avalon-type fossils in arctic Siberia // Geology, 2008, v. 36, № 10, p. 803—806.
- Grey K., Calver C.R.** Correlating the Ediacaran of Australia // Geol. Soc. London, Spec. Publ., 2007, v. 286, p. 115—135.
- Halverson G.P., Wade B.P., Hurtgen M.T., Barovich K.M.** Neoproterozoic chemostratigraphy // Precam. Res., 2010, v. 182, p. 337—350.
- Macdonald F.A., Strauss J.V., Sperling E.A., Halverson G.P., Narbonne G.M., Johnston D.T., Kunzmann M., Schrag D.P., Higgins J.A.** The stratigraphic relationship between the Shuram carbon isotope excursion, the oxygenation of Neoproterozoic oceans, and the first appearance of the Ediacara biota and bilaterian trace fossils in northwestern Canada // Chem. Geol., 2013, v. 362, p. 250—272.
- McFadden K.A., Xiao S., Zhou C., Kowalewski M.** Quantitative evaluation of the biostratigraphic distribution of acanthomorphic acritarchs in the Ediacaran Doushantuo Formation in the Yangtze Gorges area, South China // Precam. Res., 2009, v. 173, p. 170—190.

Moczydlowska M., Vidal G., Rudavskaya V.A. Neoproterozoic (Vendian) phytoplankton from the Siberian platform, Yakutia // *Palaeontology*, 1993, v. 36, p. 495—521.

Moczydlowska M., Nagovitsin K.E. Ediacaran radiation of organic-walled microbiota recorded in the Ura Formation, Patom Uplift, East Siberia // *Precam. Res.*, 2012, v. 198—199, p. 1—24.

Rogov V., Marusin V., Bykova N., Goy Y., Nagovitsin K., Kochnev B., Karlova G., Grazhdankin D. The oldest evidence of bioturbation on Earth // *Geology*, 2012, v. 40, № 5, p. 395—398.

Sergeev V.N., Knoll A.H., Vorob'eva N.G. Ediacaran microfossils from the Ura Formation, Baikal-Patom Uplift, Siberia: taxonomy and biostratigraphic significance // *Journal of Paleontology*, 2011, v. 85, № 5, p. 987—1011.

Sovetov J.K. Vendian foreland basin of the Siberian cratonic margin: Paleopangean accretionary phases // *Russian J. Earth Sci.*, 2002, v. 4, № 5, p. 363—387.

Vorob'eva N.G., Sergeev V.N., Knoll A.H. Neoproterozoic microfossils from the margin of the East European Platform and the search for a biostratigraphic model of lower Ediacaran rocks // *Precam. Res.*, 2009, v. 173, p. 163—169.

Zang W., Walter M.R. Late Proterozoic and Cambrian microfossils and biostratigraphy, Amadeus Basin, central Australia. Brisbane, Association of Australian Palaeontologists, 1992, 132 p.

Zhang Y., Yin L., Xiao S., Knoll A.H. Permineralized fossils from the terminal Proterozoic Doushantuo Formation, South China // *J. Paleontol.*, 1998, Supplement to Vol. 72, Issue 4. 52 p.

*Поступила в редакцию
18 июня 2014 г.*