

ОТДЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПАЛЕОБИОГЕОГРАФИИ ПОЗДНЕГО ДОКЕМБРИЯ – РАННЕГО ПАЛЕОЗОЯ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Рожнов С.В., Пархаев П.Ю., Демиденко Ю.Е., Закревская М.А., Коромыслова А.В.,
Мадисон А.А., Малаховская Я.Е., Мельникова Л.М., Ушатинская Г.Т.

*Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва, Россия
rozhnov@paleo.ru*

ВВЕДЕНИЕ

Территория Сибирской платформы – один из крупнейших секторов Российской Арктики, древнейшая геологическая структура протяженностью более 2000 км в меридиональном и широтном направлениях. Здесь известны разнообразные полезные ископаемые (алмазы, угли, проявления углеводородного сырья, и проч.) успех в разведке и добычи которых в значительной степени определяется качеством информации о геологическом строении региона, а полноту подобных данных невозможно представить без детальной расшифровки геологической истории. Палеогеография, как часть исторической геологии, позволяет провести реконструкцию древних осадочных бассейнов основываясь на различном наборе методов – учении о фациях, литологии, климатологии, стратиграфии, тектоники и других. Значительный вклад в палеогеографические реконструкции может внести палеонтология и палеоэкология. В ходе анализа литературных данных по раннему палеозою Сибирской платформы и мира в целом определены основные группы ископаемых организмов, важные для реконструкции палеогеографии и палеобиогеографии Сибирской платформы: мягкотелые макрофоссилии, зоопроблематики, моллюски, брахиоподы и остракоды.

Палеогеографический анализ комплексов вендских макроископаемых

В настоящее время существует ряд работ по реконструкции палеогеографии венда на основании палеомагнитных данных [1–5]. Предполагается, что суперконтинент Родиния [6], образовавшийся около 1200-900 млн. лет назад, к позднему венду уже распался [5]. Но споры о том, когда это произошло, и какие континенты образовались после распада Родинии, продолжаются. По наиболее распространенной гипотезе рифтовые процессы происходили в несколько этапов, главный из которых 750 млн. лет назад [7] разделил Родинию на две группы кратонов: Австралию, Восточную Антарктику, Индию и кратоны Конго, а затем и Калахари, с одной стороны, и Лаврентию, Балтику, Амазонию, Восточную Африку и кратон Рио-де-ла-Плата, с другой [5, 8]. Что касается расположения отдельных континентов в венде, то его определение только с помощью палеомагнитных данных проблематично. Это связано со сложным характером палеомагнитной записи в поздневендских породах, обусловленным широким распространением разновозрастных вторичных компонент намагниченности, а также особой спецификой геомагнитного поля позднейшего докембрия [9–11]. Применение палеонтологических данных для уточнения палеогеографических схем позднего венда является одним из перспективных направлений исследований. На протяжении последних 50 лет были открыты уникальные местонахождения вендских ископаемых на разных континентах [12]. Каждое местонахождение характеризуется специфическим комплексом макроостатков, сравнительный анализ которых может дать нам информацию о связях этих областей в вендское время. Такая работа уже проводилась с помощью методов минимизирующего

анализа эндемизма и фенетической кластеризации [13]. Наиболее сходными оказались фаунистические комплексы в местонахождениях Ньюфаундленда и Англии, в то время как комплекс Южной Австралии наиболее близко соотносился с Беломорским комплексом, северо-западом Канады и Подолией. С открытием новых местонахождений вендских макроископаемых и существенным пополнением коллекций, необходимо провести повторный анализ комплексов.

Нами проведен сравнительный статистический анализ сходства таксономического состава местонахождений вендских макрофоссилий мира на родовом уровне [14]. В качестве меры сходства использовался коэффициент *Oxai* ($K = c / \sqrt{ab}$, c – количество общих родов для двух местонахождений, a – количество родов одного местонахождения, b – количество родов другого местонахождения). Учтены данные по 12 местонахождениям с использованием достоверно установленных некосмополитных таксонов. В зависимости от палеообстановок вендские захоронения разделяются на три группы: глубоководные (Англия, Ньюфаундленд), мелководные (Австралия, Белое море, Подолия) и супермелководные (Намибия) [15]. Статистический анализ подтвердил резкое обособление этих групп друг от друга. Для местонахождений выделялось три степени сходства: низкая (< 35 %), средняя (36–55 %) и высокая (> 55 %). Высокая степень сходства была обнаружена лишь между двумя глубоководными местонахождениями (68 %). Намибийское местонахождение, интерпретируемое как супермелководное, оказалось обособленным от всех остальных (сходство < 18 %). Большая часть местонахождений относится к мелководным. По результатам анализа среди них выделились две четкие подгруппы. К первой относятся четыре местонахождения: Австралия, Белое море, Подолия и Индия (степень сходства 20–39 %). Вторая подгруппа включает северо-запад Канады, Сибирь, Южный Китай, Южную Америку и США (степень сходства различная, до 52 %). Разделение мелководных местонахождений на две подгруппы четко соответствует распространению скелетного ископаемого *Cloudina*, отсутствующего в местонахождениях 1-й подгруппы, но встречающегося во всех местонахождениях 2-й подгруппы [16–19], для которых характерно широкое распространение карбонатных отложений. Вероятно, это объясняется приуроченностью местонахождений 2-й подгруппы к тепловодным климатическим обстановкам, а местонахождений 1-й подгруппы – к холодноводным. Таким образом, данный анализ указывает на расположение кратонов Австралии, Балтики и Индии в более высоких широтах, чем демонстрируют большинство палеомагнитных схем. И на основании проведенного анализа отчетливо выделяются две палеобиогеографические области для позднего венда: Приполярная (Австралия, Балтика, Индия) и Экваториальная (Лаврентия, Калахари, Сибирь, Южный Китай, Рио-де-ла-Плата). Результаты проведенного сравнительного анализа предполагают, что Сибирь в поздневендское время располагалась в тепловодных обстановках близким к экваториальным. Это согласуется с реконструкцией, основанной на палеомагнитных данных, согласно которой в позднем венде Сибирская платформа находилась в тропических и субтропических широтах южного полушария [9, 10].

Палеобиогеография кембрийских мелкораковинных ископаемых

Кембрийская палеобиогеография разработана, преимущественно на таких группах ископаемых как археоциаты [20, 21] и трилобиты [22]. Мелкораковинные ископаемые в данном аспекте изучались значительно реже [например, 23]. Однако так называемые SSF (small shelly fossils) играют важнейшую роль в формировании биоразнообразия раннего кембрия. Так только для Сибирской платформы число описанных видов зоопроблематик и

моллюсков весьма значительно – 350 и 150, соответственно [24]. Поэтому использование этих ископаемых в целях реконструкции палеогеографических обстановок может представлять значительный интерес. Ниже мы рассмотрели биогеографию кембрийских семейств Mobergellidae и Yochelcionellidae и карбонатных брахиопод классов Obololata и Kutorginata.

Семейство Mobergellidae. Мобергеллиды – маленькие дисковидные билатерально-симметричные фосфатные ископаемые неясного систематического положения. На наружной поверхности склеритов присутствуют округлые линии нарастания. На внутренней поверхности наблюдаются радиально расходящиеся мускульные отпечатки. Мобергеллиды широко распространены в отложениях нижнего кембрия многих регионов мира. В состав семейства Mobergellidae Missarzhevsky, 1989 входят четыре рода – Mobergella Hedström, 1923, Aktugaia Missarzhevsky, 1976 (=Thorslundella Nyers, 1984), Tateltella Streng et Skovsted, 2006, Discinella Hall, 1872 (=Brastadella Missarzhevsky, 1989) и шесть валидных видов: M. radiolata Bengtson, 1968 (=M. sibirica Skovsted, 2003, =M. hexactina Skovsted, 2003), M. holsti (Moberg, 1892), M. turgida Bengtson, 1968, A. triangula Missarzhevsky, 1976, T. ranoculata Streng et Skovsted, 2006, D. micans (Billings, 1871) (=D. brastadi Hall, 1872). Самый древний представитель группы – вид M. radiolata – появляется на Сибирской платформе на рубеже томмотского–атдабанского веков и продолжает существовать до середины атдабана. В атдабанское время увеличивается видовое разнообразие мобергелл, они расселяются на территории Балтии (Швеция, Норвегия, Дания, Польша) [25, 26], Казахстана, Англии [27], по времени это совпадает с начавшейся в середине атдабана крупнейшей раннекембрийской трансгрессией [28]. В середине атдабана появляются виды M. holsti и M. turgida с более сложной морфологией. В верхнем атдабане – нижней ботоме Казахстана и Швеции встречается еще один представитель мобергеллид – A. triangula [29, 30]. В ботомское время на палеоконтиненте Лаврентия (современные Северная Америка и Гренландия) появляется D. micans, существовавший также и в тойонское время [30]. Среднекембрийская история мобергеллид продолжилась на территории Гондваны (Марокко), где из верхнетойонских – нижнеамгинских толщ описана T. ranoculata.

Таким образом, Сибирская платформа служила центром происхождения мобергеллид. Палеобассейн Балтии оказался наиболее благоприятным для развития семейства и являлась центром его диверсификации.

Семейство Yochelcionellidae. Семейство включает два рода – Eotebenna и Yochelcionella. Благодаря своеобразной морфологии раковины группа важна для морфо-функционального анализа и интерпретаций систематического положения древнейших моллюсков [32]. Eotebenna отличается сильно развитым париетальным треном, вытянутым в сифон, его края разделены узкой щелью и не срастаются. У Yochelcionella сифон замкнут в трубку. Род Yochelcionella включает 18 номинальных видов и еще 5 форм, описанных в открытой номенклатуре. Временной диапазон распространения рода охватывает нижний и средний кембрий. Вероятно, что предком Yochelcionella является Eotebenna. Древнейшие представители эотебенн с примитивной морфологией, относящиеся к виду E. pelmani (Vassiljeva, 1990), известны из раннего томмота Сибирской платформы [33], по-видимому здесь же появляется семейство Yochelcionellidae. Самые ранние находки йохелсионелл также относятся к раннему томмоту Сибирской платформы (Yochelcionella sp. [34]). В атдабане Yochelcionella получает широкое распространение, расселяясь на территории Сибирской платформы (Y. aichalica, Yochelcionella sp. [35, 36, 37]) и Авалонии (Англия – Yochelcionella sp. [38]) и далее на восток – Алтай и Малый Каратау (Y. recta, Y. stylifera

[39]), Западная Гондвана (Китай – *Y. aichalica* [40]). В ботомское время, в период максимальной раннекембрийской трансгрессии, отмечается дальнейшая диверсификация рода и его проникновение почти во все регионы мира: Палеонезия (Монголия – *Y. crassa*, *Y. parva* [41], Забайкалье – *Y. crassa* [42]), Западная Гондвана (Китай – *Y. chinensis* [43]), Восточная Гондвана (Южная Австралия – *Y. chinensis* [44] и Антарктида – *Y. chinensis*), Лаврентия [45–52] (США – *Y. chinensis*, *Y. americana*, *Y. greenlandica*, Канада – *Y. chinensis*, *Y. americana*, *Y. gracilis*, *Y. greenlandica*, Гренландия – *Y. americana*, *Y. gracilis*, *Y. greenlandica*). В тойоне йохелсионеллы распространены в Авалонии (Ньюфаундленд – *Y. erecta* [49]). В начале среднего кембрия (амгинский век) происходит вторая вспышка видового разнообразия йохелсионелл – в Восточной Гондване (Австралия – *Y. cyrano*, *Y. daleki*, *Y. ostentata*, *Y. fissurata*, *Y. angustiplicata*, *Y. trompetica*, *Y. saginata*, *Y. snorkorum* [53–57]) и ряде районов Западной Гондваны (Марокко – *Yochelcionella* sp., Испания – *Yochelcionella* sp. [58]), в это же время часть гондванских видов (*Y. angustiplicata*, *Y. ostentata*) проникает в бассейны Сибирской платформы [59, 60] и Балтии (Дания – *Y. angustiplicata* [55]). К концу среднего кембрия (майский век) относится последняя находка йохелсионелл в Балтии (Дания – *Y. angustiplicata* [61]).

Таким образом, Сибирский палеобассейн являлся центром происхождения семейства, в дальнейшем вторичные центры диверсификации отмечены в Лаврентии (вторая половина раннего кембрия) и Восточной Гондване (начало среднего кембрия). В течении раннего – среднего кембрия между палеобассейнами этих континентов существовал обмен фаунами, подтвержденный наличием общих видов. Фазы максимальных трансгрессий (ботома и амга) совпадают с эпохами наиболее тесных биогеографических связей между континентами. Предполагается, что представители изученной группы обладали планктонными личинками, а главную роль в расселении играли крупные океанические течения – экваториальное (с востока на запад) и соответствующие противотечения (с запада на восток). Вероятно, что представления о тесном расположении раннекембрийских палеоконтинентов, разделенных лишь узкими проливами [23], неверно, так как для ряда бассейнов число эндемичных видов йохелсионелл – значительно (Восточная Гондвана – 6 из 9, Сибирская платформа, включая азиатские террейны, – 6 из 11), что свидетельствует об их относительной изоляции от соседних регионов.

Карбонатные брахиоподы. Древнейшие карбонатно-раковинные брахиоподы (представители классов *Obolellata* и *Kutorginata*) известны из верхнетоммотских отложений Сибири, Алтае-Саянской области и Монголии. В томмотское время эти регионы располагались близ палеоэкватора и были заняты мелководными эпиконтинентальными морями с преимущественно карбонатным осадконакоплением [28]. Вместе с атдабан-ботомской трансгрессией брахиоподы расселялись по миру, также в это время росло их таксономическое разнообразие. В атдабанских отложениях Сибири, Алтае-Саянской области и Монголии брахиоподы – весьма многочисленны. Кроме того, атдабанские местонахождения с карбонатными брахиоподами известны в Казахстане, Забайкалье, Китае, США (Невада) и Мексике. Во второй половине раннего кембрия (ботома-тойон) карбонатные брахиоподы известны почти из всех регионов с кембрийскими отложениями: на Сибирской платформе, в Алтае-Саянской складчатой области, Забайкалье, Средней Азии, на Ближнем Востоке, в Северной Африке, Южной Европе, на юге Австралии, на западе и востоке Северной Америки. Их остатки приурочены исключительно к карбонатным фациям. Вероятно, представители данных классов брахиопод обитали в пределах тропической области. Можно отметить различия в родовом составе *Obolellata* и *Kutorginata* разных регионов. Выделяются несколько районов

со специфическими брахиоподовыми сообществами: Южная Киргизия, район Мертвого моря, Прихубсугулье Северной Монголии, Северная и Восточная Австралия. Там комплексы брахиопод включают значительно число эндемичных таксонов. На рубеже раннего и среднего кембрия произошло обновление брахиоподовых сообществ: значительно сократилось количество родов обоих классов, а представители Kutorginata окончательно вымирают в амгинское время. В это же время появились первые представители ортид и пентамерид – отрядов, которые продолжают развитие в среднем – позднем палеозое.

Палеобиогеография кембрийских брахиопод класса Linguliformea

Все брахиоподы – донные сидячие (иногда зарывающиеся) морские сестонофаги. В отличие от брахиопод с карбонатной раковиной, представители Linguliformea с раковиной из фосфата-кальция обладают сейчас (и, вероятно, в кембрии) планктотрофной брефической стадией, находящейся в толще воды от нескольких дней до нескольких недель [62, 63]. Если условия для оседания юных особей неблагоприятны, их планктонная стадия может удлиняться. Брефическая стадия ответственна за расселение лингулиформей, поэтому при отсутствии барьеров и при достаточно стабильных температурных условиях они имеют потенциальную возможность к широкому распространению.

В самом начале кембрия (томмот) на территориях Восточно-Европейской платформы, Южной Европы, западного и восточного побережья Северной Америки, Северной Африки, Индии, Австралии, происходило накопление морских терригенных, терригенно-доломитовых или терригенно-карбонатных осадков. В Южном Казахстане, Северной Монголии, Южном Китае, Иране накапливались преимущественно доломитовые толщи, которые ассоциировались с фосфоритами. Известняки с небольшой примесью тонкого терригенного материала накапливались в пределах Анабаро-Синского фациального региона (АСФР) Сибирской платформы. Именно этот район стал местом, где впервые в истории Земли в массовом количестве появились первые скелетные организмы, среди которых были патериниды – самые древние на Земле брахиоподы – род *Aldanotreta* (класс Linguliformea, отр. Paterinida, сем. Cryptotretidae). Они обнаружены на Сибирской платформе в самых низах томмотского яруса кембрия. Позднее, в середине томмота появился второй род этого же семейства – *Pelmanotreta*. В течение томмота и атдабана патериниды распространились в пределах АСФР. В атдабанском веке близкие роды появились в Монголии (*Dzunarzhina*), Южной Австралии (*Askepasma*). Роды *Paterina* и *Micromitra* (сем. Paterinidae) в атдабана появились в Алтае-Саянской области, Монголии, Южном Китае, Испании и на востоке Северной Америки. Во второй половине атдабана одновременно с патеринидами появились и стали все шире распространяться лингулиды (роды *Lingulellotreta*, *Palaeobolus*, *Eoobolus*, *Botsfordia*) и акротретиды (*Linnarssonina*). Главные области их распространения – Сибирская платформа, Алтае-Саянская область и Китай. Вторая половина раннего кембрия (ботома и тойон) стали временем более широкого распространения лингулиформей – всех трех отрядов, расширился их систематический состав. Причем, если раньше они встречались в виде немногочисленных экземпляров, то здесь их находки исчисляются сотнями в одном небольшом местонахождении.

В среднем и в начале позднего кембрия основные регионы с местонахождениями лингулиформей располагались по обе стороны экватора до 30° с.ш. и 30° ю.ш. (Сибирская платформа, Алтае-Саянская область, Северная Америка, Гренландия, Австралия). В это время территория Средней Азии (Казахстан, Киргизия) представляла собой серию узких

разобренных островных дуг в Палеоазиатском океане, располагавшихся непосредственно к югу и северу от экватора [64]. Здесь отмечены местонахождения с фауной брахиопод второй половины кембрия в пределах островных дуг. Близ 40⁰ северной широты располагался Северный Китай и не южнее 40⁰ южной широты находились Южная Америка и Скандинавия, откуда также известны местонахождения с брахиоподами. В большинстве названных регионов на участках, занятых морями, происходило накопление преимущественно известняков и известковистых алевролитов, в различной степени глинистых и битуминозных с прослоями песчаников и подводно-оползневых карбонатных брекчий. И литологические и палеонтологические данные свидетельствуют в пользу того, что накопление отложений, содержащих остатки фауны, скорее всего, происходило на участках шельфа не глубже 200 м. Расположение континентов, которые были заняты эпиконтинентальными морями с теплыми и умеренно-теплыми водами, протяженные участки шельфов близ островных дуг вблизи экватора, вероятно, могли способствовать широкой миграции лингулиформей. А широкий спектр их экологических возможностей, в том числе и возможность заселения дна с глинисто-известковистыми грунтами позволили им освоить обширные территории. Средний и начало позднего кембрия были «золотым веком» в развитии и распространении лингулиформей. В это время известно более 60 родов и около 40 из них распространены в трех и более регионах. Есть роды, известные в шести-семи регионах (*Paterina*, *Dictyonina*, *Acrothele*, *Botsfordia*, *Eoobolus*, *Linnarssonina*, *Prototreta*, *Stilpnotreta*, *Dactylotreta*, *Picnotreta*, *Quadrisonia*, *Neotreta*), многие описаны из четырех-пяти регионов (*Opisthotreta*, *Treptotreta*, *Eurytreta*).

Связать происхождение отдельных родов брахиопод с каким-либо одним регионом в большинстве случаев затруднительно. Можно предположить, что появление самых первых акротретид *Linnarssonina* приурочено к АСФР Сибирской платформы, где они известны из отложений атдабанского яруса [65]. Начиная с ботомского века остатки *Linnarssonina* встречаются в нескольких районах Казахстана и на севере Канады, а со среднего кембрия их находки указываются в Северной Америке, в Антарктиде, Австралии, Гренландии, на Новой Земле. Самые ранние *Stilpnotreta* описаны из амгинского яруса Южного Казахстана [66], а в майском веке они распространились по всей территории Казахстана, на Сибирскую платформу, Северный Китай, Австралию, Канаду, Скандинавию. Остатки большинства других космополитных родов известны из нескольких регионов из близких по возрасту отложений (*Opisthotreta*, *Canthylotreta*, *Angulotreta*, *Quadrisonia*, *Anabolotreta*, *Rhondellina*, *Kleitriatreta*) [67]. По-видимому, они относятся к родам, которые после своего появления широко распространились в течение сравнительно короткого времени. А. Буко проанализировал на очень большом материале состав, стратиграфическое и географическое распространение силурийских и девонских брахиопод [68] и отметил, что космополитные таксоны (встречаются в трех и более регионах) характеризуются гораздо более длительным существованием и имеют большую численность по сравнению с эндемичными. По его мнению, космополиты, обычно представленные крупными популяциями, эволюционировали гораздо медленнее, чем эндемики с небольшими популяциями. По-видимому, эти закономерности справедливы и для кембрийских брахиопод.

Во второй половине позднего кембрия число родов лингулиформей несколько уменьшилось. Возможно, это связано с недостаточной изученностью: в это время гораздо шире распространились представители второго класса – *Rhynchonelliformea*, извлечение которых из пород не требует химического препарирования. Но в позднем кембрии появилось несколько новых родов из отряда *Lingulida*, освоивших песчаные и песчано-

глинистые фации Восточно-Европейской платформы (*Obolus*, *Rebrovia*, *Ralfia*, *Euobolus*, *Schmidtites*, *Ungula*). Из миллиардных скоплений представителей этой группы лингулид состоят известные позднекембрийские-раннеордовикские фосфоритовые месторождения Прибалтики [69]. Начиная с ордовика на первое место по численности и широте распространения начинают выходить представители *Rhynchonelliformea* – брахиоподы с карбонатной раковиной. До конца палеозоя они занимают одно из ведущих мест в морских биоценозах.

Состояние изученности и перспективы исследования ордовикских брахиопод Российской Арктики

Местонахождения ордовикских брахиопод на территории Российской Арктики приурочены к разным структурно-формационным зонам, принадлежащим к разным геологическим регионам: Приполярному Уралу, Вайгачу (включая Пай-Хой и Новую Землю), Таймыру, Северо-Западной Сибири и Северо-Востоку России. Если в настоящее время эта зона относится к одной биогеографической провинции, то в начале ордовика рассматриваемые регионы не были объединены и являлись отдельными блоками, вытянутыми в субмеридиональный пояс: от Приполярного Урала, располагавшегося примерно на 60° с.ш., до Колымского террейна, находившегося примерно на 20° с.ш. В течение ордовика блоки дрейфовали в южном направлении, и в конце периода рассматриваемые местонахождения уже были расположены нелинейно и группировались около экватора (от 20° с.ш. до 10° ю.ш.). Соответственно, комплексы брахиопод формировались в разных климатических условиях и таксономически различны. В ордовике местонахождения брахиопод современной Российской Арктики оказывались приурочены к двум – трем разным провинциям [70]. В ордовике отмечаются обширные трансгрессии, в результате которых континенты оказывались покрыты мелкими эпиконтинентальными морями. Количество таксонов брахиопод значительно увеличилось, а сочетание климатических и палеогеографических условий (большую роль здесь сыграли островные дуги и краевые террейны) обусловили большое количество эндемиков на отдельных континентах и террейнах [71]. Доминирующими группами были ортиды и строфомениды, в отдельных случаях – пентамериды, ринхонеллиды и ортотетиды. Ордовикские брахиоподы Арктики упоминались в литературе с начала XX в., но первые систематические описания приведены в работах О.И. Никифоровой и О.Н. Андреевой [72–74]. Основной вклад в изучение брахиопод региона сделан В.М. Богоявленской [75], В.И. Бондаревым [76], Т.Л. Модзалевской [77, 78], М.М. Орадовской [79, 80], Х.С. Розман [81–84], А.Г. Ядренкиной [85–87].

По имеющимся литературным данным нами составлена база данных по ордовикским брахиоподам Российской Арктики. Она насчитывает 255 видов 14 отрядов всех трех подтипов брахиопод.

Полярный Урал – 27 видов 25 родов, 20 семейств, 7 отрядов: *Orthida* (9 видов), *Strophomenida* (5), *Orthotetida* (2), *Pentamerida* (6), *Rhynchonellida* (2), *Billingsellida* (2), *Atrypida* (2). Все виды эндемики кроме 6; есть 2 эндемичных рода. Общие виды имеются с Балтикой (1), Сибирской платформой (1), Северной Америкой (1), Вайгачом (2), Таймыром (1). Из нижнего ордовика имеется только одно неточное указание на присутствие пентамериды *Rhysostrophia vorkutaensis* Andreeva, 1977 [73], остальные брахиоподы описаны из среднего и верхнего ордовика. Ринхонеллиды известны только из среднего ордовика. В позднем ордовике доминировали пентамериды, характеризующиеся

высокой численностью особей и низким таксономическим разнообразием (*Holorhynchus giganteus* Kiaer, 1902 и *Proconchidium muensteri* (St. Joseph, 1938) [88].

Пай-Хой, Вайгач, Новая Земля – 35 видов 25 родов, 19 семейств, 6 отрядов: Orthida (10), Strophomenida (10), Orthotetida (3), Pentamerida (7), Billingsellida (4), Atrypida (1), из них эндемичных 22 вида и 1 род; 14 видов известны из других регионов: Казахстан (1), Балтика (3), Северо-Восток России (3), Сибирская платформа (1), Северная Америка (10), Шотландия (1), Таймыр (1). Комплекс нижнего ордовика беден (6 видов пентамерид и 1 биллингселлида); комплекс верхнего ордовика отличается богатым видовым разнообразием.

Таймыр – 52 вида 40 родов, 27 семейств и 12 отрядов: Orthida (12), Strophomenida (16), Atrypida (6), Pentamerida (5), Orthotetida (4), Rhynchonellida (2), Spiriferida (1), Protorthida (1), Lingulida (2), Siphonotretida (1), Acrocretida (1), Craniopsida (1). Эндемичных родов нет; 13 видов известны из других регионов: Казахстан (1), Балтика (2), Северо-Восток России (4), Сибирская платформа (6), С. Америка (3), Англия (2), Вайгач (1), Урал (2). Из нижнего ордовика брахиоподы неизвестны; в барковской свите верхнего ордовика численно доминируют атрипиды при полном отсутствии ринхонеллид.

Север Сибирской платформы (учтены местонахождения, расположенные севернее полярного круга) – 82 вида 30 родов, 18 семейств и 7 отрядов: Orthida (23), Strophomenida (23), Rhynchonellida (18), Orthotetida (6), Pentamerida (3), Billingsellida (2), Lingulida (7). Есть 2 эндемичных рода; 30 видов известны из других регионов: Северо-Восток России (13), Урал (1), С. Америка (15), Таймыр (4). Наибольшее видовое разнообразие наблюдалось в среднем и верхнем ордовике, что соответствует общемировой картине роста биоразнообразия брахиопод в ордовике. В ордовике Сибирская платформа представляла собой единый эпиконтинентальный морской бассейн с преобладанием мелководных обстановок, от полузакрытого до открытого и от мелкого до глубоко шельфа. Спирифериды, атрипиды и атирииды отсутствуют, заметно низкое количество пентамерид.

Колымский массив – 88 видов 45 родов, 28 семейств и 7 отрядов: Orthida (21), Strophomenida (27), Pentamerida (12), Orthotetida (9), Billingsellida (7), Rhynchonellida (6), Atrypida (6); 42 вида известны из других регионов: Казахстан (4), Балтика (3), Вайгач (3), Сибирская платформа (17), С. Америка (22), Шотландия (1), Таймыр (5), Англия (3). Биоразнообразие возрастает от нижнего ордовика (9 видов) к среднему (27 видов) и верхнему (50 видов).

Предварительный анализ имеющихся данных показывает, что из 255 описанных форм 244 являются замковыми брахиоподами. Связано это, в первую очередь, с тем, что перед исследователями ставилась задача выявления стратиграфически значимых видов. Единственный комплексный анализ фауны брахиопод Российской Арктики был проведен Коксом и Модзалевской [78], и в этой же работе содержится единственное для Российской Арктики описание представителя подтипа Craniiformea – *Paracraniops?* sp. и отряда Acrocretida. Craniiformea появились в ордовике, и выявление путей расселения группы имело бы важное значение для палеогеографических реконструкций. Несмотря на то, что ринхонеллиформные брахиоподы доминируют в разрезах и в отдельных случаях могут быть использованы для межрегиональной корреляции, исследование фауны ордовикских брахиопод Российской Арктики требует дальнейшего комплексного анализа.

Обзор палеогеографии древнейших мшанок

Самые древние мшанки – *тремадокские*, происходят из низов ордовика Южного Китая (Хубэй) [89–91]. Комплекс включает виды *Nekhorosheviella nodulifera*, *N. semisphaerica*, *Orbirus normalis*, *O. ovalis*, *O. minus* (сем. Aisenvergiidae, отр. Trepotomida) и *Prophyllodictya prisca* (сем. Ptilodictyidae, отр. Cryptostomida). Возраст вмещающих отложений оценивается как средний [92–96] или верхний тремадок [89–90]. На территории Российской Арктики древнейшие мшанки обнаружены на архипелаге Северная Земля [97]. Это *Dianulites borealis* Astrova, 1965 (сем. Dianulitidae, отр. Trepotomida) из верхов тремадока. На архипелаге Новая Земля мшанки обнаружены в нелидовском горизонте, возраст которого тремадок – дарривиллий [98–102]. Здесь отмечены представители сем. Revalotrypidae, Ceramoporidae, Anolotichiidae (отр. Cystoporida) и сем. Halloporidae, Monticuliporidae, Stenoporidae (отр. Trepotomida). На территории Северной Америки древнейшие мшанки ?*Ceramopora unapensis* (сем. Ceramoporidae, отр. Cystoporida) описаны [103, 104] из Оклахомы, США. Возраст вмещающих отложений варьирует от тремадокского [105] до флоского [106–108] веков.

Мшанки *флоского* возраста известны из четырех регионов – Южный Уэльс (часть Авалонского микроконтинента), США, Китай и СЗ России (Ленинградская обл.). В Уэльсе отмечена *Orbipora* sp. (сем. Aisenvergiidae, отр. Trepotomida) [109]. Из США (Юта, Арканзас, Миссури) описаны трепотомиды *Orbipora utahensis* (сем. Aisenvergiidae) [110, 111] и *Dianulites fastigiatus* (сем. Dianulitidae) [112–114]. В Китае (пров. Аньхой) обнаружены трепотомиды *Orbirus grandis* (сем. Aisenvergiidae) и *Dianulites hexaporites* (сем. Dianulitidae), а также *Prophyllodictya putilovensis* (сем. Ptilodictyidae, отр. Cryptostomida) [115]. В Ленинградской области России флосские мшанки известны начиная с биллингенского подгоризонта, они представлены двумя отрядами – Cystoporida (сем. Revalotrypidae) и Trepotomida (сем. Esthonioporidae, Halloporidae, Phragmoporidae, Monticuliporidae) [116–121]. Вид *Hemiphragma priscum* является самым древним [121].

Мшанки *дапинского* и *дарривилского* возраста известны из многочисленных местонахождений. Из Аргентинских Прекордильер описаны *Nicholsonella* sp. A и *Nicholsonella* sp. B. (сем. Monticuliporidae, отр. Trepotomida) [122, 123]. Из верхнего аренига Ирландии описаны единичные *Alwynopora orodamus* (сем. Enalloporidae, отр. Phylloporinida) [124]. В США, Юта установлены трепотомиды *Orbipora utahensis*, *Ibexella multidiaphragmata* и *Kanoshopora droserae* (сем. Aisenvergiidae), ?*Diplotrypa* sp. (сем. Halloporidae), *Eridotrypa subtilis*, *E. hindsii*, *Batostoma* sp., *Nicholsonella* sp. (сем. Monticuliporidae) и *Amplexopora*? sp. (сем. Stenoporidae) [110, 125], а также криптостомиды *Phyllodictya crystalaria* [110]. В Ленинградской области и Эстонии в отложениях волховского горизонта известны мшанки пяти отрядов: Cystoporida (сем. Revalotrypidae), Trepotomida (сем. Aisenvergiidae, Esthonioporidae, Halloporidae, Ralfimartitidae, Monticuliporidae, Stenoporidae и Anisotrypidae), Rhabdomesida (сем. Goldfussitrypidae), Tubuliporida (сем. Phaceloporidae) и Cryptostomida (сем. Ptilodictyidae). В Китае из Синьцзян-Уйгурского АР описаны [126] *Batostoma jinhongshanense* и *B. altunshanense* (сем. Monticuliporidae, отр. Trepotomida), а из пров. Шаньси – *Revalotrypa huoi* (сем. Revalotrypidae, отр. Cystoporida), *Trepocryptopora dichotomata* и *T. flabelata* (сем. Intraporidae, отр. Cryptostomida) [127, 128]. На о-ве Октябрьской Революции архипелага Северная Земля мшанки встречены в лланвирне дарривилского яруса [129], и представлены *Halloporina severozemelica* (отр. Trepotomida). На Таймыре первые мшанки известны начиная со среднего ордовика, верхов дарривилского яруса [130] и представлены отрядами Trepotomida (*Nicholsonella*, *Trematopora* и *Orbipora*) и Cryptostomida (*Proavella*,

Rhinidictya и Pachydictya). На Сибирской платформе наиболее древние мшанки обнаружены в среднем ордовике (волгинский горизонт), который коррелируется с верхней частью дарривилского яруса [94]. Мшанки принадлежат двум отрядам: Trepostomida (роды Dianulites, Spatiopora, Diplotrypa, Hallopora, Batostoma, Homotrypa, Mesotrypa) и Cryptostomida (род Pachydictya). Начиная с позднего ордовика мшанки распространены повсеместно.

Обзор палеогеографии Арктических остракод России в ордовике

Остракоды – обширный класс ракообразных. Они прекрасно сохраняются в ископаемом состоянии, а современные остракоды (50–60 тыс. видов) населяют все возможные водные биотопы, от океанических глубин до подземных вод, в горячих источниках и влажных наземных местообитаниях, образуя в каждом из них специфические комплексы видов. В зависимости от взгляда исследователей на принадлежность кембрийских брадориид к остракодам или иной группе ракообразных, время появления остракод указывается как ранний кембрий или ордовик, поздний тремадок. В ордовике известно около 2.5 тыс. видов остракод. Ордовик – время существенной биогеографической дифференциации, которая фиксируется по многим группам фауны. Остракоды для биогеографических построений стали изучаться интенсивно чуть более 25 лет назад [131]. Авторами проведено сравнение остракодовой фауны Южной Британии, Балтоскандии, Иберо-Амориканского массива. Анализ распространения этих остракод выявил, что в позднем ордовике (карадок/ашгилл) южная часть Британских островов (микроконтинент Авалония) передвигалась в сторону БС с последующим закрытием моря Торнквист, а также между Гондваной (включая Иберо-Амориканский массив) и Авалонией в среднем-позднем ордовике развивался океан Рейс.

Палеобиогеография ордовика по остракодам в глобальном масштабе до сих пор не реконструирована, хотя количество специальных исследований, которые инициированы работами международного проекта IGCP503 «Ордовикская палеогеография и палеоклимат» в последнее десятилетие существенно прибавилось. В обобщающей работе «Biogeographical patterns of Ordovician ostracods» [132] приведено сравнение остракод Лаврентии, Балтоскандии и Гондваны (Иберо-Амориканский массив, Саудовская Аравия, Богемия, Аргентина), а также приведена ограниченная информация по остракодам Северо-Востока России и Сибирской платформы. По ордовикским остракодам авторы выделили три крупных биогеографических провинции: Лаврентия, Сибирь и Балтика (возможно, с частью Гондваны). К сожалению, в данной крупной сводке не учтены многие данные не только по Сибирской платформе, но и по Арктическим районам России. В Арктическом регионе известно несколько местонахождений с раннепалеозойскими остракодами – о. Вайгач, архипелаг Новая Земля, п-ов Таймыр, о-в Котельный, входящий в состав Новосибирского архипелага. Из отложений среднего ордовика о-ва Вайгач Е.М. Глебовская [133] определила три вида остракод. К сожалению, материал слишком мал для каких-либо обобщений. На Новой Земле обнаружены 30 видов и подвидов остракод [134, 135], все из них оказались эндемиками. Анализ родового состава показал, что ~ 50 % родов – эндемики; ~ 40 % проявляют сходство с Балтоскандией. Полученные данные позволяют предположить, что Новая Земля была отдельным микроконтинентом между Балтикой и Сибирью, но располагалась ближе к Балтике. Находки остракод на Таймыре (более 75 видов) известны из 20 местонахождений карбонатных и терригенно-карбонатных формаций [136]. Практически все виды известны из одновозрастных отложений Сибирской платформы, за исключением форм, относящихся к так называемому

тюрингскому экотипу. Остракоды о-ва Котельный изучены из среднего-позднего ордовика [137]. Здесь выявлен представительный комплекс остракод, большая часть которых являются характерными для толмачевской свиты п-ова Таймыр, чертовского и баксанского горизонтов Сибирской платформы и лабыстахской свиты Северо-Востока России. Изучение общих тенденций эволюции обстановок осадконакопления и фаунистические комплексы разных групп фауны, в том числе и остракод позволяет сделать вывод о том, что верхнеордовикские – силурийские отложения о-ва Котельный, п-ова Таймыр и Сибирской платформы накапливались в едином морском бассейне. Следует отметить, что раньше вследствие неполных сведений о строении разрезов и фауне, о-в Котельный рассматривали как обособленный террейн, разобщенный в палеозое с Сибирской платформой [138].

Таким образом, можно предполагать, что в ордовике: (1) Новая Земля была отдельным микроконтинентом между Балтикой и Сибирью, но располагалась ближе к Балтике; (2) о-в Котельный, восток Центрального Таймыра и Сибирская платформа принадлежали единому Сибирскому континенту, большая часть которого была залита мелководным морем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы реконструированы некоторые особенности палеобиогеографии Сибирской платформы в конце позднего докембрия – раннем палеозое. Для позднего докембрия (венд) показано фаунистическое сходство тепловодных «карбонатных» палеобассейнов Сибири, Лаврентии и Гондваны. Подтверждено расположение Сибирской платформы в тропических и субтропических широтах Экваториальной палеобиогеографической области позднего венда. Для ряда групп показано, что изучаемый регион являлся центром их происхождения и первоначального расселения в кембрийское время (зоопроблематики Mobergellidae, моллюски Yochelcionellidae, фосфатные и, возможно, карбонатные брахиоподы). На протяжении раннего – среднего кембрия отмечается обмен фаунами Сибири с Гондваной, Лаврентией и мелкими континентальными блоками Палеоазиатского океана. Распределение брахиопод в кембрии определялось климатической зональностью, тесно связанной с палеогеографической ситуацией. Распознаются две крупные климатические зоны – приэкваториальная и нотальная, которым соответствовали два царства брахиопод – Перигейское и Нотальное. В начале ордовика на Карском микроконтиненте возникают отряды мшанок, которые быстро расселяются в Авалонию и Балтику, позднее – в Гондвану. Территория Новой Земли, вероятно, была отдельным микроконтинентом между Балтикой и Сибирью, судя по данным, основанным на изучении ископаемых остракод. На Сибирском палеоконтиненте в ордовике существовал единый мелководный морской бассейн, объединяющий территории современных о-ва Котельный, п-ова Таймыр и п-ова Чукотка. Использование палеонтологических данных может существенно повысить детальность и надежность реконструкции палеогеографии раннего палеозоя Сибирской платформы – крупного этапа в развитии территории, связанного с началом формирования мощного осадочного чехла в условиях эпиконтинентального бассейна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Condie K.C. *Geol. Soc. L. Spec. Publ.*, 2003, **206**, 1–21.
2. Jenkins G., McMenamin M., Sohl L., McKay C. (eds.). *The extreme Proterozoic: geology, geochemistry, and climate*, AGU Geophys. Monogr., 2004.

3. Meert J.G., Lieberman B.S. *Gondwana Res.*, 2008, **14**, 5–21.
4. Torsvik T.H., Gaina C., Redfield T.F. *Proc. 10th Intern. Symp. Antarctic Earth Sci.*, 2008, 125–140.
5. Li Z., Bogdanova S.V., Collins et al. *Precambrian Res.*, 2008, **160**, 179–210.
6. McMenamin M.A.S., McMenamin D.L.S. *The Emergence of Animals*. Columbia Univ. Press, N.Y., 1990.
7. Powell C.McA., Li Z., McElhinny M.W. et al. *Geology*, 1993, **21**, 889–892.
8. Torsvik T.H. *Science*, 2003, **300**, 1379–1381.
9. Shatsillo A.V., Didenko A.N., Pavlov V.E. *Russ. J. Earth. Sci.*, 2005, **7**, 1–24.
10. Шацилло, А.В. *Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук*, Москва, 2006.
11. Abrajevitch A., Van der Voo R. *Earth and Planetary Science Letters*, 2010, **293**, 164–170.
12. Fedonkin M.A., Gehling J.G., Grey K. et al. *The Rise of Animals: evolution and diversification of the Kingdom Animalia*. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, 2007.
13. Waggoner B.M. *Paleobiology*, 1999, **25**, 440–458.
14. Закревская М.А. *Матер. LIX сесс. Палеонтол. об-ва*, 2013, 44–46.
15. Grazhdankin D.V. *Paleobiology*, 2004, **30**, 203–221.
16. Conway Morris S., Mattes B.W., Chen M. *Amer. J. Sci.* 1990, **290A**, 245–260.
17. Grant S.W.F. *Amer. J. Sci.* 1990, **290A**, 261–294.
18. Hofmann H.J., Mountjoy E.W. *Geology*, 2001, **29**, 1091–1094.
19. Zhuravlev A.Yu., Liñán E., Gámez Vintaned J.A. et al. *Acta Palaeontol. Polonica*, 2012, **57**, 205–224.
20. Rozanov A.Yu. *J. Geol. Soc. London*, 1992, **149**, 593–598.
21. Kerner A., Debrenne F. *Mem. Geol. Soc. London*, 2013, **38**, 59–66.
22. Alvaro J.J., Ahlberg P., Babcock L.E. et al. *Mem. Geol. Soc. London*, 2013, **38**, 273–196.
23. Gubanov A.P. *Tectonophysics*, 2002, **352**, 153–168.
24. Розанов А.Ю., Пархаев П.Ю., Демиденко Ю.Е. и др. *Ископаемые стратотипы ярусов нижнего кембрия*, ПИН РАН, Москва, 2010.
25. Bengtson S. *Lethaia*, 1968, **1**, 325–351.
26. Conway Morris S., Chapman A.J. *J. Paleontol.*, 1997, **71**, 968–984.
27. Cowie J.W., Brasier M.D. *The Precambrian-Cambrian Boundary*, Clarendon Press, Oxford, 1989.
28. *Ярусное расчленение нижнего кембрия. Стратиграфия*, Наука, Москва, 1984.
29. Миссаржевский В.В. *Палеонтол. журн.*, 1976, 4–6.
30. Skovsted C.B. *Paläontol. Zeits.*, 2003, **77**, 429–443.
31. Streng M., Skovsted C.B. *Paläontol. Zeits.*, 2006, **80**, 209–220.
32. Parkhaev P.Yu. *Phylogeny and evolution of the Mollusca*, Univ. California Press, Berkeley, 2008, 33–69.
33. Васильева Н.И. *Микрофауна СССР: Вопросы систематики и биостратиграфии*, ВНИГРИ, Ленинград, 1990, 4–21.
34. Фёдоров А.Б. *Новые виды древних беспозвоночных и растений нефтегазоносных провинций Сибири*, СНИИГГиМС, Новосибирск, 1984, 5–12.
35. Шабанов Ю.Я., Асташкин В.А., Пегель Т.В. и др. *Нижний палеозой юго-западного склона Анабарской антеклизы (по материалам бурения)*, Наука, Новосибирск, 1987.
36. Dzik J. *Acta Paleontol. Polonica*, 1994, **39**, 247–313.
37. Kouchinsky A.V. *Acta Palaeontol. Polonica*, 2000, **45**, 119–150.
38. Hinz I. *Palaeontograph.*, 1987, **198A**, 41–100.

39. Миссаржевский В.В., Мамбетов А.М. *Стратиграфия и фауна пограничных слоев кембрия и докембрия Малого Каратау*, Наука, Москва, 1981.
40. Steiner M., Li G., Qian Y., Zhu M. *Geobios*, 2004, **37**, 259–275.
41. Есакова Н.В., Жегалло Е.А. *Фауна и биостратиграфия нижнего кембрия Монголии*, Наука, Москва, 1996.
42. Пархаев П.Ю. *Палеонтол. журн.*, 2004, 9–25.
43. Pei F. *Acta Micropalaeontol. Sinica*, 1985, **2**, 395–400.
44. Bengtson S., Conway Morris S., Cooper B.J. et al. *Mem. Assoc. Australas. Palaeontol.*, 1990, **9**, 1–364.
45. Runnegar B., Pojeta J. *J. Paleontol.*, 1980, **54**, 635–636.
46. Skovsted C.B., Peel J.S. *Acta Palaeontol. Polonica*, 2007, **52**, 729–748.
47. Skovsted C.B., Peel J.S. *J. Paleontol.*, 2010, **84**, 754–762.
48. Atkins Ch.J., Peel J.S. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 2004, **51**, 1–9.
49. Atkins Ch.J., Peel J.S. *Bull. Geosciences*, 2008, **83**, 23–38.
50. Воронова Л.Г., Дроздова Н.А., Есакова Н.В. и др. *Ископаемые нижнего кембрия гор Маккензи (Канада)*, Наука, Москва, 1987.
51. Landing E., Bartowski K.E. *J. Paleontol.*, 1996, **70**, 741–761.
52. Landing E., Geyer G., Bartowski K.E. *J. Paleontol.*, 2002, **76**, 287–305.
53. Runnegar B., Pojeta J. *Science*, 1974, **186**, 311–317.
54. Runnegar B., Jell P.A. *Alcheringa*, 1976, **1**, 109–138.
55. Hinz-Schallreuter I. *Geschiebek. Akt.*, 1997, **13**, 105–140.
56. Brock G.A. *Geobios*, 1998, **31**, 571–586.
57. Vendrasco M.J., Porter S.M., Kouchinsky A. et al. *Palaeontology*, 2010, **53**, 97–135.
58. Geyer G. *Shenckenberg. Lethaea*, 1986, **67**, 55–118.
59. Gubanov A.P., Kouchinsky A.V., Peel J.S., Bengtson S. *Alcheringa*, 2004, **28**, 1–20.
60. Kouchinsky A.V., Bengtson S., Clausen S. et al. *Alcheringa*, 2011, **35**, 123–189.
61. Berg-Madsen V., Peel J.S. *Bull. Geol. Soc. Denmark*, 1987, **36**, 259–261.
62. Малахов В.В. *Зоол. журн.*, 1976, **55**, 66–75.
63. Зезина О.Н. *Экология и распространение современных брахиопод*, Наука, Москва, 1976.
64. Kheraskova T.N., Didenko A.N., Bush V.A., Volozh Yu.A. *Russ. J. Earth Sci.*, 2003, **5**, 165–184.
65. Пельман Ю.Л., Аксарина Н.А., Конева С.П. и др. *Древнейшие брахиоподы территории Северной Евразии*, ОИГиГ СО РАН, Новосибирск, 1992.
66. Holmer L.E., Popov L.E., Koneva S.P., Bassett M.G. *Spec. Pap. Palaeontol. London*, 2001, **65**, 1–180.
67. Ушатинская Г.Т., Малаховская Я.Е. *Стратиграф. Геол. корреляция*, 2001, **9**, 17–34.
68. Буко А. *Эволюция и темпы вымирания*, Мир, Москва, 1979.
69. Puura I. *Lingulate brachiopods and biostratigraphy of the Cambrian-Ordovician boundary beds in Baltoscandia*, Inst. Earth Sci., Uppsala, 1996, 1–136.
70. Harper D.A.T., Rasmussen C.M.Ø., Liljeroth M. et al. *Mem. Geol. Soc. London*, 2013, **38**, 127–144.
71. Rasmussen C.M.O., Harper D.A.T., Blodgett R.B. *Fossils and Strata*, 2012, **58**, 1–103.
72. Никифорова О.И., Андреева О.Н. *Стратиграфия ордовика и силура Сибирской платформы и ее палеонтологическое обоснование (брахиоподы)*, Гостоптехиздат, Ленинград, 1961.

73. Андреева О.Н. *Новые виды древних растений и беспозвоночных СССР*, ПИН АН СССР, Москва, 1977, **4**, 116–117.
74. Никифорова О.И. *Ежегодник ВПО*, 1985, **28**, 69–80.
75. Богоявленская В.М. *Ордовик Приполярного Урала*, УрО АН СССР, Свердловск, 1991, 74–105.
76. Бондарев В.И. *Труды НИИГА*, 1968, **157**, 1–124.
77. Модзалевская Т.Л. *Атлас палеозойской фауны Таймыра*. Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург, 2003, 30–61.
78. Cocks L.R.M., Modzalevskaya T.L. *Palaeontology*, 1997, **40**, 1061–1093.
79. Орадовская М.М. *Полевой атлас ордовикской фауны Северо-Востока СССР*. Магаданское книжн. изд-во, Магадан, 1968, 30–53.
80. Орадовская М.М., Чугаева М.Н., Иванова В.А., Яковлев В.Н. *Тр. ГИН АН СССР*, 1973, **213**, 1–305.
81. Розман Х.С. *Тр. ГИН АН СССР*, 1964, **106**, 109–204.
82. Розман Х.С. *Полевой атлас ордовикской фауны Северо-Востока СССР*. Магаданское книж. изд-во, Магадан, 1968, 53–76.
83. Розман Х.С. *Палеонтол. журн.*, 1969, 86–108.
84. Розман Х.С. *Тр. ГИН АН СССР*, 1970, **205**, 8–143.
85. Ядренкина А.Г. *Тр. СНИИГГиМС*, 1974, **151**, 1–164.
86. Ядренкина А.Г. *Тр. ИГиГ СО АН СССР*, 1982, **506**, 70–94.
87. Ядренкина А.Г. *Тр. ИГиГ СО АН СССР*, 1984, **590**, 32–57.
88. Безносова Т.М. *Сообщества брахиопод и биостратиграфия верхнего ордовика, силура и нижнего девона северо-восточной окраины палеоконтинента Балтия*. УРО РАН, Екатеринбург, 2008.
89. Xia F.S., Zhang S.G., Wang Z.Z. *J. Paleontol.*, 2007, **81**, 1308–1326.
90. Zhang S.G., Xia F.S., Yan H.J., Wang Z.Z. *Palaeoworld*, 2009, **18**, P. 67–73.
91. Ma J.Y., Taylor P.D., Xia F.S. *Palaeoworld*, 2014, **23**, 25–30.
92. Tolmacheva T.J., Koren T.N., Holmer L.E. et al. *Palaeontol. Zeits.*, 2001, **74**, 543–561.
93. Webby D.B., Cooper R.A., Bergstrom S.M., Paris F. *The great Ordovician biodiversification event*, Columbia Univ. Press, New York, 2004, 41–47.
94. Корень Т.Н., Толмачева Т.Ю., Соболевская Р.Ф. и др. *Зональная стратиграфия фанерозоя России*, ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург, 2006, 31–47.
95. Nölvak J., Hints O., Männik P., Pärnaste H. *Acta Palaeontol. Sinica*, 2007, **46S**, 351–356.
96. Bergström S.M., Chen X., Gutiérrez-Marco J.C., Dronov A. *Lethaia*, 2009, **42**, 97–107.
97. Ernst A., Bogolepova O.K., Hubmann B. et al. *Geol. Mag.*, 2014, **151**, 311–327.
98. Астрова Г.Г. *Морфология, история развития и система ордовикских и силурийских мшанок*, Наука, Москва, 1965.
99. Бондарев В.И., Бурский А.З., Колосков К.Н., Нехорошева Л.В. *Тр. НИИГА*, 1965, **10**, 15–63.
100. Бондарев В.И., Бурский А.З., Нехорошева Л.В. *Междунар. Геол. Конгресс, XXIII сессия, Доклады советских геологов, проблема 9*, Гостоптехиздат, Ленинград, 1968, 86–94.
101. Нехорошева Л.В. *Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук*, Таллин, 1968.
102. Нехорошева Л.В. *Опорный разрез ордовика Пай-Хоя, Вайгача и юга Новой Земли*, НИИГА, Ленинград, 1970, 63–95.
103. Ross J.P. *Oklahoma Geol. Notes*, 1966, **26**, 218–224.
104. Dzik J. *Palaeontology*, 1981, **24**, 827–861.
105. Tuckey M.E. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 1990, **77**, 91–126.

106. Ethington R.L., Clark D.L. *Geol. Stud.*, 1981, **28**, 1–160.
107. Robson S.P., Pratt B.R. *J. Paleontol.*, 2001, **75**, 241–260.
108. Webby B.D., Droser M.L., Paris F., Percival I. *The great Ordovician biodiversification event*, Columbia Univ. Press, New York, 2004.
109. Taylor P.D., Cope J.C.W. *Geol. Mag.*, 1987, **124**, 367–371.
110. Hinds R.W. *Geol. Stud.*, 1970, **17**, 19–40.
111. Wilson M.A., Palmer T.J., Guensburg T.E. et al. *Lethaia*, 1992, **25**, 19–34.
112. Decker C.E. *Geology*, 1935, **21**, 239–243.
113. McLeod J.D. *Science*, 1978, **200**, 771–773.
114. Taylor P.D., Wilson M.A. *J. Paleontol.*, 1999, **73**, 38–48.
115. Xia F.S., Zhang S.G., Yan H.J. *Acta Micropalaeontol. Sinica*, 2008, **25**, 19–34.
116. Модзалевская Е.А. *Тр. ВНИГРИ. Нов. сер.*, 1953, **78**, 91–196.
117. Модзалевская Е.А. *Ежегодник Всесоюз. палеонтол. об-ва*, 1986, **29**, 74–91.
118. Горюнова Р.В. *Палеонтол. журн.*, 1988, 31–36.
119. Горюнова Р.В. *Морфология и система палеозойских мианок*, Наука, Москва, 1992.
120. Горюнова Р.В. *Филогения палеозойских мианок*, Наука, Москва, 1996.
121. Pushkin V.I., Popov L.E. *Palaeontology*, 1999, **42**, 171–189.
122. Carrera M.G. *Ameghiniana*, 1995, **32**, 181–190.
123. Carrera M.G., Cech N. *Ordovician from the Andes. INSUGEO, Ser. Correl. Geol.*, 2003, **17**, 279–284.
124. Taylor P.D., Curry G.B. *Palaeontology*, 1985, **28**, 147–158.
125. Ernst A., Taylor P.D., Wilson M.A. *J. Paleontol.*, 2007, **81**, 1001–1011.
126. Yin H., Xia F. *Acta Micropalaeontol. Sinica*, 1986, **3**, 435–440.
127. Yang K.C. *Acta Palaeontol. Sinica*, 1957, **5**, 1–10;
128. Kobayashi T. *Rep. 21 sess. Internat. Geol. Congr. Norden*, 1960, 34–39.
129. Nekhorosheva L.V. *Geodiversitas*, 2002, **24**, 317–327.
130. Нехорошева Л.В. *Уч. зап. НИИГА, Палеонтол. стратиграф.*, 1966, **14**, 28–35.
131. Vannier J.M.C., Siveter D.J., Schallreuter R.E.L. *Palaeontology*, 1989, **32**, 163–222.
132. Meidla T., Tinn O., Salas M.J. et al. *Mem. Geol. Soc. London*, 2013, **38**, 337–354.
133. Глебовская Е.М. *Атлас руководящих форм ископаемых фаун СССР. Том 2*, Географиздат, Москва, 1949, 261–270.
134. Schallreuter R., Kanygin A.V., Hinz-Schallreuter I. *J. Czech Geol. Soc.*, 2001, **46**, 199–212.
135. Sobolevskaya R.F. *J. Czech Geol. Soc.*, 2005, **50**, 63–66.
136. *Атлас палеозойской фауны Таймыра*. Изд-во картфабрики ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург, 2003.
137. Мельникова Л.М., Данукалова М.К. *Палеонтол. журн.*, 2014, 23–33.
138. Dumoulin J.A., Harris A.G., Gagiev M. et al. *GSA Spec. Pap.*, 2002, **360**, 291–312.