

УДК 56.016.3:551.732.2;57.012.3

ЗООПРОБЛЕМАТИКИ *MOBERGELLA RADIOLATA* КАК ВИД-ИНДЕКС ЯРУСНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НИЖНЕГО КЕМБРИЯ

© 2020 г. П. Ю. Пархаев¹, *, Ю. Е. Демиденко¹, М. А. Кульша¹

¹Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва, Россия

*e-mail: pparkh@paleo.ru

Поступила в редакцию 29.12.2018 г.

После доработки 28.02.2019 г.

Принята к публикации 28.03.2019 г.

Обсуждается проблема биостратиграфического обоснования нижних границ атдабанского яруса Общей стратиграфической шкалы России и яруса 3 Международной хроностратиграфической шкалы. Принято считать, что основной характеристикой этих ярусных подразделений является первое появление трилобитов. Продемонстрирована сложность в выборе корреляционного уровня для установления нижней границы яруса 3 Международной хроностратиграфической шкалы по трилобитам, обусловленная различным таксономическим составом комплексов древнейших представителей этой группы членистоногих на разных палеоконтинентах и очевидным диахронизмом уровня их первого появления. Для этих целей предлагается использовать вид зоопроблематик *Mobergella radiolata* Bengtson, 1968, географическое распространение которого шире, чем у любого вида древнейших трилобитов. Показано, что на территории Сибирской платформы в стратотипическом для нижнекембрийских ярусов регионе (междуречье Лена–Алдан) *M. radiolata* появляется в разрезах на том же уровне, что и первые атдабанские археоциаты зоны *Retecoscinus zegebarti*. Это позволяет использовать *M. radiolata* как вид-индекс нижней границы атдабанского яруса. Находки *M. radiolata* в других регионах Сибирской платформы (запад, север и юго-восток, внутренние районы платформы) делают этот вид микрофауны крайне ценным инструментом для биостратиграфии нижнекембрийских толщ, корреляционный потенциал которого значительно выше, чем у локально распространенных раннеатдабанских археоциат и трилобитов.

Ключевые слова: биостратиграфия, нижний кембрий, зоопроблематики, трилобиты, археоциаты, Международная хроностратиграфическая шкала, ярус 3, Общая стратиграфическая шкала России, атдабанский ярус

DOI: 10.31857/S0869592X20020064

ВВЕДЕНИЕ

Кембрийская часть Международной хроностратиграфической шкалы (МХШ) за последние 20–30 лет претерпела значительные изменения. Это касается как абсолютных датировок границ подразделений (например, в 1980–1990-е гг. начало кембрия определялось в интервале 570–590 млн, сейчас – 541 млн), так и внутреннего наполнения шкалы и ее номенклатуры (Zhu et al., 2018, рис. 1). От традиционного трехчленного деления системы на нижний, средний и верхний отделы мы пришли к четырехчленному с собственными топонимическими названиями отделов (Geyer, Shergold, 2000; Vabcock et al., 2005; Vabcock, Peng, 2007). Ярусные подразделения, основанные на региональных шкалах (Cowie, Bassett, 1989), но использованные многие годы и на других палеоконтинентах, были упразднены, взамен них предложены формальные ярусы с номерами от 1 до 10 (Geyer, Shergold, 2000; Vabcock et al., 2005; Vab-

cock, Peng, 2007). В качестве основных причин в пользу разработки новой шкалы кембрия указывалась невозможность прослеживания границ большинства региональных отделов и ярусов в глобальном масштабе (Palmer, 1998; Geyer, Shergold, 2000; Shergold, Geyer, 2003) и существенное различие в продолжительности традиционных отделов (Landing et al., 1998; Geyer, Shergold, 2000). Новая конструкция кембрийской части МХШ была поддержана не всеми специалистами; в частности, отечественные стратиграфы высказали аргументированные возражения против деления системы на четыре отдела и упразднения нижнекембрийских ярусов МХШ (Розанов и др., 2008; Варламов и др., 2013).

За последние годы в средне-верхнекембрийской части МХШ прогресс по установлению GSSP и соответствующих ярусов вполне очевиден (здесь установлены ярусы 5–9: вулиунский, драмский, гужанский, пайбийский и цзяншань-

ский), но в традиционном нижнем кембрии (терранёвский отдел и отдел 2) до сих пор присутствует только единственный ярус – форчунский (Landing et al., 2007), непосредственно связанный с нижней границей кембрийской системы МХШ, ратифицированной еще в 1992 г. (Brasier et al., 1994; Landing, 1994). Здесь мы не будем обсуждать проблему нижней границы системы, объективные дефекты выбранного стратотипа, его слабый корреляционный потенциал и возникающие в этой связи стратиграфические проблемы – всем этим вопросам посвящен ряд публикаций (например, Розанов и др., 1997, 2008; Vabcock et al., 2014; Zhu et al., 2018). Отметим, что в связи с многочисленными обращениями специалистов, неудовлетворенных утвержденным стратотипом нижней границы кембрия, Международная комиссия по стратиграфии поручила кембрийской подкомиссии рассмотреть вопрос о возможном пересмотре разреза-стратотипа, вида-индекса либо и того, и другого вместе (Vabcock et al., 2014). Для работы по данной проблеме создана Международная рабочая группа по нижней границе кембрийской системы, которая должна подготовить соответствующие решения.

По еще неустановленным ярусам МХШ также созданы рабочие группы подкомиссии, успех деятельности которых различен. Так, если по самому верхнему подразделению системы, ярусу 10, значительная часть работы и дискуссий уже проведена, определены уровни корреляции и возможные разрезы-кандидаты (Terfelt et al., 2008; Lazarenko et al., 2011; Peng et al., 2015; Zhu et al., 2018) и в ближайшее время, после проведения ряда формальных процедур, можно ожидать решения подкомиссии, то с нижними ярусами 2, 3 и 4 ситуация складывается иначе. По ярусу 2, который соответствует томмотскому ярусу Общей стратиграфической шкалы России (ОСШ) (Rozanov et al., 2008, fig. 5), мнение большинства специалистов сходится на возможности использования уровня первого появления (FAD) одного из видов моллюсков – *Aldanella attleboensis* или *Watsonella crosbyi* для обоснования корреляционного уровня и проведения по нему нижней границы яруса (Li et al., 2011; Parkhaev et al., 2011, 2012; Parkhaev, 2014; Peng et al., 2012). Но пока до детального обсуждения возможных разрезов-кандидатов на GSSP дело еще не дошло. По ярусу 4 (~ботомский ярус ОСШ) высказываются предложения использовать FAD различных трилобитов, например эодисцид *Triangulaspis annio* и *Hebediscus attleboensis* (Geyer, Palmer, 1995; Geyer, 1998; Korovnikov, 2012), *Serrodiscus* и *Calodiscus* (Zhuravlev, 1995), ориктоцефалид *Arthricosephalus chauveaui* и *Oryctocarella duyunensis* или видов родов *Redlichia* (s.l.), *Olenellus* (s.l.), *Judomia* и *Bergeroniellus* (Peng et al., 2012; Zhu et al., 2018). При этом уровни появления этих таксонов отнюдь не близки, и, как

следствие, потенциальная подошва яруса 4 “плавает” от середины атдабана (*Judomia*) до второй половины тойона (*Arthricosephalus chauveaui*) в терминах ОСШ.

Наиболее сложным для обоснования оказался ярус 3 (Zhang et al., 2017; Zhu et al., 2018), который связывают с важнейшим эволюционным событием кембрийского периода – появлением в геологической летописи трилобитов и типа членистоногих в целом.

СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДРЕВНЕЙШИХ ТРИЛОБИТОВ

Одной из главных характеристик яруса 3 считается появление трилобитов (Peng et al., 2012), поэтому для обоснования нижней границы яруса специалисты пытаются выбрать FAD (first appearing datum, уровень первого появления) одного из древнейших видов трилобитов (Zhang et al., 2017). Основная проблема – очевидная стратиграфическая диахронность уровней появления первых трилобитов и их различный систематический состав (рис. 1).

Предполагается, что самыми древними (Palmer, Repina, 1997) и наиболее примитивными (Jell, 2003) трилобитами являются археаспидиды рода *Profallotaspis* – *P. jakutensis* Repina, 1965, *P. privica* Repina, 1965 и *P. tyusserica* Bushuev et Goryaeva, 2014, появляющиеся с низов атдабанского яруса на территории Сибирской платформы (Хоментовский, Репина, 1965; Ярусное..., 1984; Репина и др., 1988; Astashkin et al., 1991; Репина, Розанов, 1992; Bushuev et al., 2014). Эти виды отмечены в четырех регионах платформы: в стратотипическом районе атдабанского яруса в среднем течении р. Лена (*P. jakutensis* и *P. privica*), на юго-востоке платформы в Учуро-Майском районе (*P. jakutensis* и *P. privica*), на севере платформы в нижнем течении р. Лена, хр. Хараулах (*P. tyusserica*) и в Западном Прианабарье (*P. privica*), где они характеризуют зону *Profallotaspis jakutensis* (далее – *P. jakutensis*). Выше зоны *P. jakutensis* на Сибирской платформе установлены зоны *Repinaella* и *Delgadella anabara* (далее – *D. anabara*) (Ярусное..., 1984; Astashkin et al., 1991; Варламов и др., 2008). Виды и роды трилобитов, входящие в комплексы этих зон, важны для межрегиональной корреляции.

Возможно, профаллотаспиды также присутствуют и в Лаврентии, где описан *Profallotaspis?* sp. из зоны *Fritzaspis* формации Кампито, округ Эсмеральда, шт. Невада, США (Hollingsworth, 2005, 2007), однако плохая сохранность материала не позволяет уверенно идентифицировать находки. Совместно найденные археаспидиды *Fritzaspis generalis* Hollingsworth, 2007, *F. ovalis* Hollingsworth, 2007, *Amplifallotaspis keni* Hollingsworth,

МХШ 2018	ОСШ: СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА		ЛАВРЕНТИЯ: ЮЗ США		ЗАП. ГОНДВАНА: Марокко		ЗАП. ГОНДВАНА: Испания		БАЛТИКА		ЮЖНЫЙ КИТАЙ		ВОСТ. ГОНДВАНА: Юж. Австралия		АВАЛОНИЯ	
	Зоны по археоциатам	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF	Зоны по трилобитам/SSF
Отдел 2	Ярус 4	Ботомский	Bergeroniaspis ornata	Днерский	Банский	Сectigena	Marinский	Вергальский	Ornamentaspis linnaeensis	Paokannia—Szechuanolenus	Панлантунский	Pararaia janeae	Бранчипский	Callavia broeggeni	Dipharus attleboensis	Ярус 4
			Bergeroniellus asiaticus													
Ярус 3	Атлабанский	Carinacyathus squamosus—Botomocyathus zelenovi	Avefallotaspis mariae	Antatlassia guttapluviae	Granolenus	Granolenus	Granolenus	Holmia kjerulfi	Yunnanaspis	Eoredlichia—Wutingaspis	Чунчунский	Abadiella huoi	Пелангский	Pelagella subangulata	Camenella baltica	Ярус 3
		Fansycyathus lermontovae	Grandinaspis patulus	Antatlassia hollardi	Daguinaspis	Eoredlichia	Eoredlichia	Schmidtiellus mic'kwitzi	Parabadiella huoi	Parabadiella huoi	Parabadiella huoi	Чунчунский	Abadiella huoi	Пелангский	Pelagella subangulata	
Ярус 2	Томотский	Nochoroicyathus sunnaginicus	Esmeraldina rowei	Choubertella	Lemdadella perejoni	Lemdadella linnaeae	Bigotina bivalata	Rusophycus	Sinosachites—Tannuolina	Watsonella crosbyi	Мейшунский	Watsonella crosbyi	Плантский	Sunnaginia imbricata	Watsonella crosbyi	Ярус 2
		Dokidocyathus regularis	Fallotaspis	Falloctaspis tazemmourtentis	Eofallotaspis	“Bigotiniidae”	Anabarella	Platysolenites antiquissimus	Watsonella crosbyi	Watsonella crosbyi	Мейшунский	Watsonella crosbyi	Плантский	Sunnaginia imbricata	Watsonella crosbyi	
Ярус 2	Томотский	Leptosocyathus zegebari/ polyseptus	Archaeaspis	Eofallotaspis	Кордвский	Кордвский	Кордвский	Platysolenites antiquissimus	Watsonella crosbyi	Мейшунский	Watsonella crosbyi	Плантский	Sunnaginia imbricata	Watsonella crosbyi	Ярус 2	
		Repinaella	Fritzaspis	“Wyattia”	Кордвский	Кордвский	Кордвский	Platysolenites antiquissimus	Watsonella crosbyi	Мейшунский	Watsonella crosbyi	Плантский	Sunnaginia imbricata	Watsonella crosbyi		
Ярус 2	Томотский	Dokidocyathus lenaicus—Tumultolythothus primigenius	“Wyattia”	Кордвский	Кордвский	Кордвский	Кордвский	Platysolenites antiquissimus	Watsonella crosbyi	Мейшунский	Watsonella crosbyi	Плантский	Sunnaginia imbricata	Watsonella crosbyi	Ярус 2	
		Lapworthella bella	“Wyattia”	Кордвский	Кордвский	Кордвский	Кордвский	Platysolenites antiquissimus	Watsonella crosbyi	Мейшунский	Watsonella crosbyi	Плантский	Sunnaginia imbricata	Watsonella crosbyi		
Ярус 2	Томотский	Lapworthella tortuosa	“Wyattia”	Кордвский	Кордвский	Кордвский	Кордвский	Platysolenites antiquissimus	Watsonella crosbyi	Мейшунский	Watsonella crosbyi	Плантский	Sunnaginia imbricata	Watsonella crosbyi	Ярус 2	
		Aldanella attleboensis—Watsonella crosbyi	“Wyattia”	Кордвский	Кордвский	Кордвский	Кордвский	Platysolenites antiquissimus	Watsonella crosbyi	Мейшунский	Watsonella crosbyi	Плантский	Sunnaginia imbricata	Watsonella crosbyi		

Рис. 1. Корреляция стратиграфических подразделений средней части нижнего кембрия в ключевых разрезах мира, распространение комплексов древнейших трилобитов (серая заливка) и распространение зоопроблематик Mobergella radiolata Bengtson, 1968 (черная звезда) и Mobergella turgida Bengtson, 1968 (серая звезда). Сокращения: МХШ – Международная хроностратиграфическая шкала, ОСШ – Общая стратиграфическая шкала России.

2007 и *Repinaella* sp. позволяют уверенно сопоставлять зону *Fritzaspis* Лаврентии с зоной *Repinaella* Сибирской платформы (Hollingsworth, 2007). Ниже этого уровня трилобиты в Лаврентии не обнаружены. В вышележащей зоне *Archaeaspis* отмечены формы, крайне близкие к типовому виду рода *Archaeaspis* – *A. hupei* Repina, 1965, известному из комплекса сибирской зоны *Delgadella anabara*, поэтому корреляция зоны *Archaeaspis* Лаврентии и зоны *Delgadella anabara* Сибирской платформы (Hollingsworth, 2005, 2007) представляется обоснованной.

Другим регионом, возможно, с древнейшими трилобитами является Западная Гондвана (Марокко и Иберийский массив). В Марокко в слоях с первыми трилобитами (пачка Тиут формации Игудин) установлены зоны (снизу вверх): *Eofallotaspis*, *Fallotaspis tazemmourtensis*, *Choubertella* и *Daguinaspis*, составляющие вместе иссендалейский ярус (Geyer, Landing, 1995, 2006). В зоне *Eofallotaspis* появляются трилобиты – биготиниды *Hupetina antiqua* Szuy, 1978, *Bigotina bivallata* Cobbold, 1935 и фаллотаспидиды *Eofallotaspis tioutensis* Szuy, 1978, *E. prima* Szuy, 1978. Выше появляются редлихииды *Lemdadella tioutensis* Szuy in Liñán et Szuy, 1978 из комплекса зоны *Fallotaspis tazemmourtensis*. Различный таксономический состав древнейших трилобитов Марокко и Сибирской платформы не позволяет проводить прямую корреляцию отложений этих регионов. Однако находки археоциат из той же пачки Тиут, откуда описаны древнейшие марокканские трилобиты (Szuy, 1978), позволяют датировать эти толщи средним (Rozanov, Debrenne, 1974; Debrenne, Debrenne, 1978) или даже ранним атдабаном (Debrenne et al., 2015; Yang et al., 2016). Поэтому, вероятно, зону *Eofallotaspis* следует коррелировать с зоной *Repinaella*. В пользу такого варианта могут свидетельствовать также находки трилобитов рода *Bigotina* – *B. malykanica* Suvorova, 1960 в отложениях зоны *Repinaella* Сибирской платформы (Ярусное..., 1984; Репина и др., 1988) и *B. bivallata* в зоне *Eofallotaspis* Марокко (Pillola, 1993).

На Иберийском полуострове древнейшие трилобиты появляются в нижней половине оветского яруса хребта Сьерра-Морена, пров. Кордова, Южная Испания (Liñán et al., 2008, 2015). Здесь выделяют трилобитовые зоны (снизу вверх): “*Bigotinidae*”, *Serrania*, *Bigotina bivallata*, *Lemdadella linasesae*, *Lemdadella perejoni* и *Eoredlichia*. В зоне “*Bigotinidae*” отмечены неопределимые обломки биготинидных трилобитов (Zhang et al., 2017), из вышележащей зоны *Serrania* описаны (Liñán et al., 2008) биготиниды *Serrania palaciosi* Liñán et al., 2008 и *Serrania? gordaensis* Liñán et al., 2008. Выше отмечены *Bigotina bivallata* из отложения одноименной зоны, которая может быть сопоставлена с зоной *Eofallotaspis* Марокко (Liñán et al., 2015) и, следовательно, с зоной *Repinaella*

Сибирской платформы. В таком случае возможно коррелировать зоны “*Bigotinidae*” и *Serrania* с зоной *Profallotaspis jakutensis*. Значит, зоны *Lemdadella linasesae* и *Lemdadella perejoni* могут считаться возрастными аналогами зоны *Delgadella anabara*, а вышележащая зона *Eoredlichia* – условно аналог сибирской зоны *Judomia-Uktaspis* верхнего атдабана. Корреляция низов оветского яруса Иберийского массива с низами атдабанского яруса Сибирской платформы подтверждается также данными по биостратиграфии археоциат (Perejon, Moreno-Eiris, 2006). Недавно из Песчаников Тамамес в провинции Саламанка Центральной Испании описан аграулидный трилобит *Lunagraulos tamamensis* Liñán, Gamez Vintaned et Gozalo, 2015, стратиграфическое положение вмещающих отложений оценивается как основание оветского яруса (Liñán et al., 2015), что делает этот вид, возможно, древнейшим трилобитом Западной Гондваны.

Древнейшие трилобиты Балтики представлены эндемичными хольмидами из зоны *Schmidtellus mickwitzi* (Ahlberg et al., 1986; Ahlberg, 1991; Lieberman, 1999): *Baltobergstroemia mobergi* (Bergström, 1973), *Schmidtellus mickwitzi* Schmidt, 1888 и *Elliptocephala lundgreni* (Moberg, 1892) из верхов формации Норреторп Южной Швеции и *S. geetae* Bergström, 1973 из люкатиских слоев, зоны *Volborthella* Эстонии. В связи с эндемичностью трилобитов прямая корреляция зоны *Schmidtellus mickwitzi* с Сибирской платформой не представляется возможной, однако с учетом филогенетических построений возраст этих видов оценивается (Palmer, Repina, 1993) как середина атдабана – первая половина времени *Delgadella anabara*. Сопоставление зоны *Schmidtellus mickwitzi* с подразделениями шкалы по акритархам, а именно с верхами зоны *Skiagia ornata* (Moczyłowska, 1991, 2011; Nielsen, Schovsbo, 2011), на наш взгляд, не обеспечивает необходимой точности при корреляции в связи с большой длительностью акритарховых зон (~ярус). Однако находки проблематик *Volborthella tenuis* Schmidt, 1888 на территории Балтики и Лаврентии позволяют связать стратиграфические последовательности этих двух палеоконтинентов. На территории Эстонии *V. tenuis* известна из люкатиских слоев, где установлена одноименная зона *Volborthella*. Этот интервал уверенно коррелируется с зоной *Schmidtellus mickwitzi* по трилобитам и акритархам (Moczyłowska, 1991, 2011; Yochelson, Kisilev, 2003). В США (шт. Калифорния, горы Уайт-Иньо) фольбортеллы распространены начиная с верхов пачки Эндрюс-Маунтин (верхи формации Кампито, верхи зоны *Fritzaspis*; Hollingsworth, 2007, рис. 2) и выше в формации Полета и низах формации Харклесс (Hagadorn, Waggoner, 2002). Если допустить, что первое появление *Volborthella* в Балтике и Лаврентии одновременно, то зона *Schmidtellus mickwitzi* может

быть сопоставлена с верхами зоны *Fritzaspis* и зоной *Archaeaspis*, которые (см. выше) соответствуют зонам *Repinaella* и *Delgadella anabara* Сибирской платформы.

На Южно-Китайской платформе самые ранние трилобиты происходят из отложений зоны *Parabadiella huoi* в основании яруса чунчуси, выше выделяется зона *Eoredlichia–Wutingaspis* (Zhang, 1987; Steiner et al., 2001). Корреляция зоны *Parabadiella huoi* с подразделениями ОСШ России различна, ее сопоставляли (обзор см. Yuan et al., 2011) с зоной *Profallotaspis jakutensis* (Zhang, 2003; Yuan et al., 2011), с зоной *Repinaella* (Peng et al., 2006), с зоной *Delgadella anabara* (Пепина, 1986; Shergold, 1997), с зоной *Judomia–Uktaspis* (Zhuravlev, 1995; Paterson, Brock, 2007) и даже с основанием ботомского яруса (Landing, 1994). Корреляция зон *Parabadiella huoi* и *Profallotaspis jakutensis* основана на том, что в вышележащей южнокитайской зоне *Eoredlichia–Wutingaspis* присутствуют трилобиты рода *Yunnanocerphalus*, который, в свою очередь, встречен в известняке Шэклтон Антарктиды (Palmer, Rowell, 1995) совместно с трилобитом *Lemdadella antarctica* Palmer et Rowell, 1995. По мнению сторонников рассматриваемой корреляции (Yuan et al., 2011), род *Lemdadella* — один из древнейших трилобитов и встречается в Марокко (*L. spectabilis* Sdzuy, 1978 и *L. tioutensis* Sdzuy in Liñán et Sdzuy, 1978) в зоне *Fallotaspis tazemmourtensis*, следовательно, южнокитайскую зону *Eoredlichia–Wutingaspis* следует коррелировать с зоной *Fallotaspis tazemmourtensis* Западной Гондваны, тогда нижележащая зона *Parabadiella huoi* — эквивалент зоны *Eofallotaspis*, а она, в свою очередь, сопоставляется с зоной *Profallotaspis jakutensis*.

Во-первых, как показано выше, зона *Eofallotaspis* Марокко коррелируется с зоной *Repinaella* ОСШ. Во-вторых, вид *Lemdadella antarctica* известен только из Антарктиды, а сам род *Lemdadella* распространен существенно шире, чем указывают авторы. Так, *L. linaesae* Liñán Guijarro, 1978 и *L. perejoni* Liñán, 2005 — виды-индексы одноименных зон оветского яруса Иберии, которые коррелируются с зоной *Delgadella anabara* Сибирской платформы, тогда как испанская зона *Eoredlichia* — вероятный аналог зоны *Judomia–Uktaspis*. Также отметим, что *Lemdadella* встречается в отложениях зоны *Sectigena* формации Иссафен и зоны *Antatlassia guttapliviae* формации Лемдад Высокого Атласа (Geyer, Landing, 2006), а это очень высокие уровни, сопоставимые с ботомско-тойонским интервалом Сибири (Sundberg et al., 2016; Zhang et al., 2017).

Очевидно, что прямая корреляция по трилобитам нижнекембрийских толщ Южно-Китайской и Сибирской платформ невозможна. Для решения проблемы необходимо обратиться к дан-

ным по другим группам фауны — археоциатам и SSF. Недавняя ревизия археоциат Южного Китая (Yang et al., 2016) показывает, что в нижнем кембрии региона можно выделить пять зональных подразделений (снизу вверх): зона *Dailycyathus xiuqiensis* (середина яруса чунчуси), зона *Dictyocyathus shaanxiensis* (верхи яруса чунчуси), зона *Spirillicyathus duplex* (низы яруса цанланпу), зона *Sibirecyathus meitanensis* (середина яруса цанланпу), слои с *Archaeocyathus yanjiaoensis* (верхи яруса цанланпу). Зона *Dailycyathus xiuqiensis* (~середина зоны *Eoredlichia–Wutingaspis*) включает роды археоциат, характерные для середины или конца атдабана, при этом типично ботомские формы здесь отсутствуют. Зона *Dictyocyathus shaanxiensis* (=верхи зоны *Eoredlichia–Wutingaspis*) содержит роды, встречающиеся в средне-позднеатдабанских отложениях Западной Гондваны. В зоне *Spirillicyathus duplex* (=зона *Yunnanaspis–Yiliangella*) отмечены несколько родов, появляющихся на уровне атдабан-ботомской границы в различных регионах мира. Зона *Sibirecyathus meitanensis* (=зона *Drepanuroides*) содержит роды, характерные для низов ботомского яруса Монголии, Алтае-Саянской складчатой области и Колымского блока Сибирской платформы (Yang et al., 2016).

Таким образом, трилобитовая зона *Eoredlichia–Wutingaspis* соответствует среднему–верхнему атдабану, зона *Yunnanaspis–Yiliangella*, по-видимому, терминальному атдабану, а зона *Drepanuroides* — нижнеботомскому подъярису. В связи с этим возраст самой нижней трилобитовой зоны *Parabadiella huoi* Южно-Китайской платформы следует оценивать не моложе середины атдабана.

Дополнительную привязку к зональной шкале атадабанского яруса Сибирской платформы могут дать данные по распространению моллюсков. В нижней части яруса чунчуси установлена зона *Pelagiella subangulata*, охватывающая почти целиком (без базальной части) формацию Юаньшань на востоке Юньнани и верхнюю пачку формации Цзюлаодун в центральной части Сычуани (Steiner et al., 2007). Это интервал-зона, соответствующая стратиграфическому распространению вида *Pelagiella emeishanensis* He in Xing et al., 1984, позднее (Gravestock et al., 2001) синонимизированного с *P. subangulata* (Tate, 1892). Низам этой зоны соответствует зона *Parabadiella huoi*.

Виды рода *Pelagiella* распространены на Сибирской платформе начиная с верхов зоны *Delgadella anabara* второй половины атадабанского яруса и выше до середины амгинского яруса (Ярусное..., 1984; Розанов и др., 2010; Kouchinsky et al., 2011; Коровников, Новожилова, 2012). Самые ранние пелагиеллы Сибири обычно выделяются в вид *P. adunca* Missarzhevsky, 1966 (иногда их ошибочно определяют как *P. lorenzi* Kobayashi, 1939), который по морфологии весьма близок с

P. subangulata. Из низов ботомского яруса Восточного Прианабарья (верхи эмяксинской свиты, зона *Calodiscus*–*Erbiella*) недавно описана *Pelagiella* sp. (Kouchinsky et al., 2015), крайне схожая с типичной *P. subangulata* из нижнего кембрия Австралии. Несомненно, род *Pelagiella* нуждается в ревизии. Сейчас можно уверенно утверждать, что самые древние пелагиеллы – среднеатдабанские. На этом основании зону *Parabadiella huoi* Китая можно коррелировать с верхами зоны *Delgadella anabara* ОСШ, что не противоречит вышеприведенным данным по археоциатам.

В Восточной Гондване наиболее полная последовательность нижнекембрийских отложений известна на территории штата Южной Австралии. Здесь установлены аналоги всех ярусных подразделений нижнего кембрия ОСШ России (Daily, 1972; Дэйли, 1976; Zhuravlev, Gravestock, 1994; Gravestock et al., 2001). Древнейшие трилобиты происходят из терригенно-карбонатных отложений бассейнов Стэнсбери и Эрроуи, где установлены четыре последовательные трилобитовые зоны (снизу вверх): *Abadiella huoi*, *Pararaia tatei*, *Pararaia bunyerooensis* и *Pararaia janeae* (Bengtson et al., 1990, fig. 8; Jago et al., 2006). По таксономическому составу комплексы этих зон близки к комплексам из нижнекембрийских толщ Южного Китая – 10 родов и 6 видов общи (Paterson, Brock, 2007), поэтому наименьшие затруднения возникают при корреляции зональных шкал этих регионов.

По наличию трилобитов *Eoredlichia* sp. и *Abadiella huoi* Chang, 1966 зона *Abadiella huoi* Австралии может быть сопоставлена с верхами зоны *Parabadiella huoi*–низми зоны *Eoredlichia*–*Wutingaspis* Китая. В пользу такой корреляции говорят и находки моллюсков *P. subangulata* в более древних отложениях, чем трилобиты зоны *Abadiella huoi*, – в средней части формации Кулпара бассейна Стэнсбери и низах Известняка Виррапоуи бассейна Эрроуи (Пархаев, 2019а, рис. 3, 2019б, рис. 3). Таким образом, сама зона *Abadiella huoi*, а точнее, ее нижняя половина соответствует лишь верхам зоны *Parabadiella huoi* (Gravestock et al., 2001; Jago et al., 2006; Kruze et al., 2017).

Зона *Pararaia tatei* сопоставляется со второй половиной зоны *Eoredlichia*–*Wutingaspis* по наличию вида *Eoredlichia shensiensis* (Chang, 1966) в обоих регионах. В связи с присутствием в составе комплекса зоны *Pararaia tatei* таких родов трилобитов, как *Prouktaspis* (низы зоны) и *Egyngolia* (середина зоны) (Bengtson et al., 1990, рис. 8), возраст подразделения может быть оценен как терминальный атдабан–основание ботомского яруса, так как род *Prouktaspis* характерен для позднего атдабана Сибирской платформы, а *Egyngolia* – для ботомских толщ Монголии (Astashkin et al., 1991, 1995; Zhuravlev, 1995; Сухов и др., 2016). В связи с этим, помимо верхов зоны *Eoredlichia*–*Wutingas-*

pis китайской зональной шкалы, эквивалентом зоны *Pararaia tatei* следует считать зону *Yunnanaspis* и нижнюю половину зоны *Drepanuroides* (рис. 1).

Трилобиты зоны *Pararaia bunyerooensis* представлены шестью видами: *P. bunyerooensis* Jell, 1990, *Yorkella australis* (Woodward, 1884), *Yunnanocephalus macromelos* Paterson et Brock, 2007, *Wutingaspis euryoptilos* Paterson et Brock, 2007, *Eoredlichia* sp., *Redlichia* sp. (Paterson, Brock, 2007). Наличие представителей родов *Yunnanocephalus*, *Wutingaspis* и *Eoredlichia* предполагает сопоставление этой зоны с зоной *Eoredlichia*–*Wutingaspis* Китая (средний–верхний атдабан), но находки *Redlichia* свидетельствуют о ботомском возрасте (Сухов и др., 2016) или даже тойонском (Astashkin et al., 1991; Sundberg et al., 2016) зоны *Pararaia bunyerooensis*. Встречающиеся совместно моллюски зоны *Stenothea drepanoidea* указывают на ботомский возраст отложений (Gravestock et al., 2001; Topper et al., 2009; Пархаев, 2019а, 2019б).

Комплекс зоны *Pararaia janeae* включает около 20 видов трилобитов, среди которых отмечены представители рода *Serrodiscus* и вид *Redlichia endoi* Lu, 1950 (Bengtson et al., 1990; Paterson, Brock, 2007). Род *Serrodiscus* характерен для зоны *Bergeroniellus micmaciformis*–*Erbiella* основания ботомского яруса Сибирской платформы (Yang et al., 2016), *R. endoi* – для зоны *Palaeolenus* Китая (Paterson, Brock, 2007), которая сопоставляется с верхами ботомского яруса Сибири, с зоной *Bergeroniaspis ornata* (Zhuravlev, 1995). Таким образом, *Pararaia janeae* отвечает значительной части ботомского яруса, вероятно, без самых его низов и верхов. Нижней части зоны соответствуют слои с археоциатами *Syringocnema favus*, возраст которых оценивается от средне- до позднеботомского (Zhuravlev, Gravestock, 1994).

На территории Авалонии (ЮВ Ньюфаундленд) древнейшие трилобиты представлены видами *Callavia broeggeri* (Walcott, 1890), *Acanthomicnassa walcotti* (Matthew, 1899), *Acanthomicnassa* sp., *Comluella* sp. из пачки Брод-Коув верхов формации Смит-Пойнт (Fletcher, 2006). Эти виды образуют комплекс подзоны *Acanthomicnassa walcotti* зоны *Callavia broeggeri*. Стратиграфически выше в пачке Редлэнд-Коув низов формации Бригус разнообразие трилобитов существенно выше; здесь установлена подзона *Dipharus attleborensis*, в которой присутствуют (Fletcher, 2006): *Dipharus attleborensis* (Shaler et Foerste, 1888) [= *Hebediscus attleborensis*], *Delgadella plana* (Hutchinson, 1962), *Calodiscus lobatus* (Hall, 1847), *C. meeki* (Ford, 1876), *C. schucherti* (Matthew, 1896), *Weymouthia nobilis* (Ford, 1872), *Acimetopus helena* (Walcott, 1889), *Mallagnostus llarenai* (R. Richter et E. Richter, 1941), *Serrodiscus bellimarginatus* (Shaler et Foerste, 1888), *Callavia broeggeri*, ?*Kjerulfia* sp., *Triangulaspis meglitzkii* (Toll, 1899), *T. vigilans* (Matthew, 1889),

Strenuella strenua (Billings, 1874), *Strenuaeva* cf. *spinosa* Ahlberg et Bergström, 1978, *Comluella pustulata* (Cobbold, 1910), *C. protolenoides* (Cobbold, 1931), *Acanthomicmacca walcotti*, *Avalonia manuelensis* Walcott, 1891, “*Bonnia*” *bombifrons* (Matthew, 1886) и *Pseudatops reticulatus* (Walcott, 1890).

Нижнюю подзону зоны *Callavia broeggeri* условно коррелируют с низами зоны *Antatlasia hollardi* Марокко (Fletcher, 2006), что соответствует верхам атдабана ОСШ России. Верхняя подзона по наличию таких родов, как *Serrodiscus* и *Strenuella*, имеет уже несомненно ботомский возраст и сопоставляется с зонами *Antatlassia gutta-pluviae* и *Sectigena* Марокко и зонами *Granolenus*, *Strenuella*, *Strenuaeva*, *Andalusiana* и *Serrodiscus* Иберийского массива.

Таким образом, первые трилобиты на различных палеоконтинентах появляются одновременно (рис. 1), причем везде – это разные виды, относящиеся как минимум к четырем семействам (Zhang et al., 2017). Поэтому выбрать уровень появления единственного вида и использовать его для межрегиональной корреляции, как это требуют правила Международной стратиграфической комиссии (Remane et al., 1996), не представляется возможным. Трилобиты более высоких уровней также бесперспективны вплоть до появления в геологической летописи в начале ботомского века, вероятно, пелагических эодисцидных форм (например, *Serrodiscus*, *Calodiscus*) с широким географическим распространением.

Очевидно, следует обратиться к другим группам организмов, распространение которых во временных интервалах появления трилобитов не ограничивается одним континентом. Нам представляется, что для данной цели наиболее удачным будет выбор зоопроблематик *Mobergella radiolata* Bengtson, 1968 (рис. 2). Перспективность мoberгелл для стратиграфических построений уже отмечалась ранее (например, Репина, Розанов, 1992; Brasier et al., 1992; Rozanov, Zhuravlev, 1992; Rozanov et al., 2011; Demidenko et al., 2012; Варламов и др., 2013).

Ниже рассмотрим возможность использования вида *Mobergella radiolata* для определения нижней границы атдабанского яруса ОСШ и нижней границы яруса 3 МХШ.

АТДАБАНСКИЙ ЯРУС ОБЩЕЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ РОССИИ

Атдабанский ярус предложен в 1969 г. как подразделение ярусного ранга, заполняющее интервал между ранее установленными томмотским (снизу) и ботомским (сверху) ярусами и в значительной степени соответствующее по объему атдабанскому горизонту. Решением Межведомственного стратиграфического комитета СССР от 24 мая 1982 г. ярус введен в Общую стратигра-

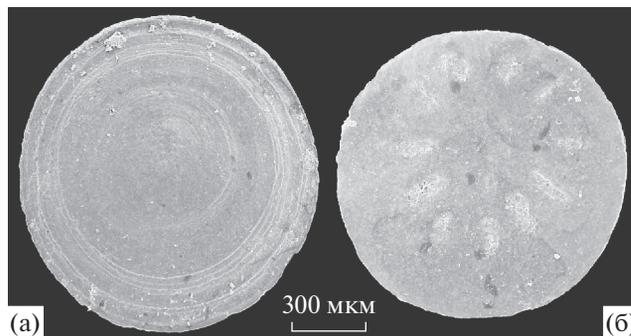


Рис. 2. Склериты зоопроблематик *Mobergella radiolata* Bengtson, 1968. а – экз. ПИН, № 5279/5059, склерит снаружи; б – экз. ПИН, № 5279/5056, склерит изнутри; нижний кембрий, атдабанский ярус, зона *Retecoscinus zegebarti*, Сибирская платформа, среднее течение р. Лена, разрез Журинский мыс, слой 4.

фическую шкалу (Постановления..., 1983; Решения..., 1983). Первоначально ярус был определен как последовательность из археоциатовых зон и слоев с археоциатами (снизу вверх): зона *Leptoscyathus polyseptus*–*Retecoscinus zegebarti*, зона *Pogocyathus pinus*, слои с *Nochorocyathus kokoulini* и слои с *Fansucyathus lermontovae* (Журавлева и др., 1969, табл. 1). Позднее слоям с археоциатами был придан ранг зон. Важной характеристикой яруса является первое появление трилобитов; археоциаты проходят вторую ступень эволюционного развития. Трилобиты разнообразны: в нижней части яруса – *Profallotaspis*, *Repinaella*, первые *Bigotina* и другие роды, в средней части – *Nevadella*, *Archaeaspis*, *Triangullina*, *Hebediscus*, в верхней части – *Judomia* и *Uktaspis*, которые в самых верхах яруса встречаются вместе с *Bonnia*, *Kootenia* и другими формами. В верхней части яруса встречаются очень характерные и широко распространенные SSF – *Pelagiella*, *Nadimoranella* и *Microdicyon* (Ярусное..., 1984).

В качестве стратотипа атдабанского яруса указана серия обнажений в среднем течении р. Лена между разрезом Ой-Муран на левом берегу и разрезом Аччагый-Кыры-Таас на правом берегу (Ярусное..., 1984). Гипостратотип яруса и стратотип его нижней границы расположены в разрезе Журинский мыс, где обнажается подошва яруса и его нижняя часть (Путеводитель..., 1973, рис. 11; Решения..., 1983; Ярусное..., 1984, рис. 13; Guidebook..., 1990, рис. 5; Варламов и др., 2008, рис. 27, 34, 35). В этом разрезе граница находится в основании слоя 4, который маркируется появлением древнейших трилобитов и сложно организованных археоциат и соответствует нижней границе зон *Profallotaspis jakutensis* и *Retecoscinus zegebarti*¹.

¹ Далее в тексте употребляется сокращенное название зон – *P. jakutensis* и *R. zegebarti* соответственно.

Рассмотрим распространение ключевых для томмот-атдабанского переходного интервала таксонов ископаемых организмов в серии разрезов нижнего кембрия стратотипического Лено-Алданского района (рис. 3) и других регионов Сибирской платформы (рис. 4–6).

Лено-Алданский район. Разрез Улахан-Сулугур. Разрез расположен на левом берегу р. Алдан в 7 км выше устья руч. Улахан-Сулугур (Путеводитель..., 1973, рис. 3, 7; Репина, Розанов, 1992). На доломитах юдомской свиты (слои 1–11) залегают разнообразные по цвету и составу известняки пестроцветной свиты (слои 12–15) и серые доломиты и известняки тумулдурской свиты (слой 16). В пределах пестроцветной свиты установлены зоны по археоциатам: *Nochoroicyathus sunnaginicus*, верхи (слой 12), *Dokidocyathus regularis* (слои 13–14) и *Dokidocyathus lenaicus*–*Tumuliolyntus primigenius* (слои 14–15)². Общая мощность пестроцветной свиты (без суннагинской пачки, слой 12) в разрезе – 69 м. Нижняя граница зоны *D. lenaicus* проводится по одноименному комплексу археоциат в верхних 5–8 метрах слоя 14. Таким образом, мощность нижележащей зоны *D. regularis* в данном разрезе – 31–34 м, мощность зоны *D. lenaicus* – 35–38 м. В соседнем обнажении в аналогах нижней части слоя 15 обнаружены зоопроблематики *Mobergella radiolata* (Розанов и др., 1969, с. 28, как *Discinella brastadi* в обн. 407; Путеводитель..., 1973).

Разрез Бюктэлээх. Разрез расположен на левом берегу р. Алдан в 12 км выше разреза Улахан-Сулугур (Путеводитель..., 1973, рис. 6). На доломитах юдомской свиты (слои 1–6) залегают разнообразные по цвету и составу известняки пестроцветной свиты (слои 7–10) и серые доломиты и известняки тумулдурской свиты (слой 11). В пределах пестроцветной свиты установлены зоны по археоциатам: *N. sunnaginicus* (слой 7), *D. regularis* (слои 8–9) и *D. lenaicus* (слои 9–10). Общая мощность пестроцветной свиты (без суннагинской пачки, слой 7) в разрезе ~67 м. Нижняя граница зоны *D. lenaicus* проводится по одноименному комплексу археоциат в ~11 м от подошвы слоя 9. Таким образом, мощность нижележащей зоны *D. regularis* в данном разрезе ~32 м, мощность зоны *D. lenaicus* – 39 м. В основании слоя 10 найдены зоопроблематики *Mobergella radiolata* (Путеводитель..., 1973).

Разрез Дворцы. Разрез расположен на левом берегу р. Алдан в 4 км выше устья руч. Дьялх. Разрез выбран в качестве стратотипа томмотского яруса, его нижней границы и зоны *N. sunnaginicus*, в связи с этим он неоднократно описывался в литературе (см. обзор в Репина, Розанов, 1992, рис. 2; Варламов и др., 2008, рис. 7). Разрез пред-

ставлен скальными выходами высотой более 300 м и протяженностью 4.5 км, в которых обнажаются доломиты юдомской свиты (слои 1–14), разнообразные известняки пестроцветной свиты (слои 15–18) и доломиты и известняки тумулдурской (слой 19) свиты. В пределах пестроцветной свиты установлены зоны по археоциатам: *N. sunnaginicus*, верхи (слой 15), *D. regularis* (слои 16–17) и *D. lenaicus* (слои 17–18). Общая мощность пестроцветной свиты (без суннагинской пачки, слой 15) в разрезе – 81 м. Нижняя граница зоны *D. lenaicus* проводится в 16 м от подошвы слоя 17 по появлению археоциат, характерных для комплекса одноименной зоны. Таким образом, мощность нижележащей зоны *D. regularis* в данном разрезе 41 м, мощность зоны *D. lenaicus* – 40 м. В 10 м от подошвы слоя 18 обнаружены зоопроблематики *Mobergella radiolata* (Ярусное..., 1984).

В вышеупомянутых разрезах среднего течения р. Алдан нижняя граница атдабанского яруса проводится условно по подошве тумулдурской свиты, руководящие формы атдабана (трилобиты зоны *R. jakutensis* или археоциаты зоны *R. zegebarti*) в данных разрезах не установлены.

Разрез Исуть. Разрез расположен на правом берегу р. Лена напротив пос. Исуть. Разрез является гипостратотипом томмотского яруса и стратотипом зон *D. regularis* и *D. lenaicus* и неоднократно описан в литературе (см. обзор в Ярусное..., 1984; Варламов и др., 2008, рис. 22). В урзе воды выходят серые доломиты толбинской свиты (слой 1), а после скрытого осыпания интервала мощностью 9 м (слой 2) обнажается пестроцветная свита (слои 3–16), выше перекрытая нохоройской пачкой (слои 17–18). Слои 3–9 (вскрыты шурфом) представлены зоной *N. sunnaginicus*, слои 10–12 – стратотип зоны *D. regularis*, слой 13 – стратотип зоны *D. lenaicus*. Нижняя граница атдабанского яруса (и зоны *R. zegebarti*) ранее проводилась условно в середине слоя 15, исходя из представлений о примерно 40-метровой мощности нижележащей зоны *D. lenaicus* (Путеводитель..., 1973; Ярусное..., 1984). Достоверные археоциаты зоны *R. zegebarti* описаны в 20 м выше, в верхнем метре слоя 16 (Иситский биостром), а первые трилобиты *Profallotaspis jakutensis* обнаружены еще выше – в нохоройской пачке (слой 17). Новые исследования (Скорлотова, 2013) показали наличие представительного зонального комплекса археоциат зоны *R. zegebarti* (включая и вид-индекс)³ в 0.7 м

³ Здесь определены виды, проходящие из томмотского яруса: *Archaeolynthus polaris* (Vologdin), *Cryptoporocyathus junicanensis* Zhuravleva, *Nochoroicyathus tkatschenkoi* (Vologdin), *N. mutabilis* (Voronin), *N. belvederi* (Rozanov), *N. simplex* (Vologdin), *Robustocyathus robustus* (Vologdin), *Erismacoscinus rojkovi* (Vologdin), *Retecoscinus retetabulae* (Vologdin), *Dictyocyathus translucidus* Zhuravleva, *Okulitchicyathus disciformis* (Zhuravleva), а также типично атдабанские *Retecoscinus zegebarti* Korshunov и *N. dissipimentalis* Zhuravleva.

² Далее в тексте названия зон томмотского яруса сокращены как *N. sunnaginicus*, *D. regularis* и *D. lenaicus* соответственно.

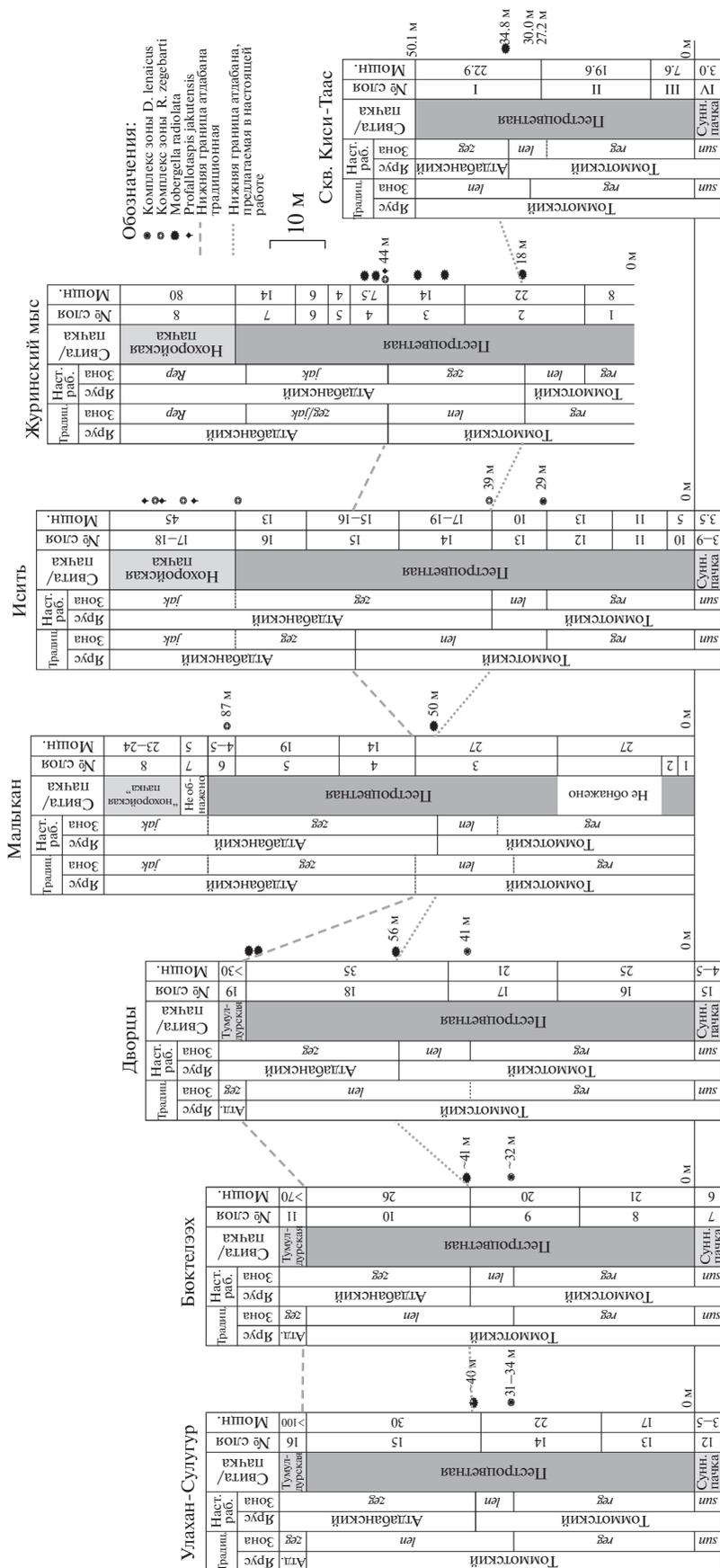


Рис. 3. Стратиграфическое распространение зоопроблематик *Mobergella radiolata*, археоциат зон *D. lepaicus* и *R. zegebarti*, трилобитов зоны *P. jakutensis* в стратотипических разрезах томотского и атлабанского ярусов в среднем течении рек Алдан (Улахан-Сулугур, Бюктелээх, Дворцы) и Лена (Малыкан, Исить, Журиный мыс, скв. Киси-Гаас) и положение нижней границы атлабанского яруса: традиционное (традиц.) и предлагаемое в настоящей работе (наст. раб.).
 Обозначения зон: *sum* — *Nochoroiuathus sumagnicus*, *reg* — *Dokidocouathus regularis*, *len* — *Dokidocouathus lepaicus*—*Tumulolunthus primigenius*, *seg* — *Retescosinus zegebarti*/*Leptosouathus polyseptus*, *jak* — *Profallosaris jakutensis*, *Ker* — *Repinaella*. Сокращения: атл. — атлабанский, сунн. пачка — суннагинская пачка.

выше основания слоя 14, что позволяет обоснованно опустить нижнюю границу зоны *R. zegebarti* на 26 м. В результате мощность зоны *D. regularis* в разрезе Исить составляет ~29 м, а мощность зоны *D. lenaicus* сокращена до 10–11 м.

Разрез Жури́нский мыс. Разрез расположен на правом берегу р. Лена напротив устья руч. Негюрчюне (Путеводитель..., 1973, рис. 11; Ярусное..., 1984; Варламов и др., 2008, рис. 27). Разрез является стратотипом атдабанского яруса и его нижней границы, а также стратотипом зон *R. zegebarti*, *P. jakutensis*, *Repinaella* и *D. anabara*. От уреза воды обнажаются глинистые известняки с биогермами (слой 1), в различной степени глинистые известняки (слои 2–6) и доломиты (слой 7) пестроцветной свиты, перекрытые доломитизированными известняками нохоройской пачки (слой 8). В слое 1 установлен комплекс зоны *D. regularis*, подошва зоны *D. lenaicus* условно проводится по первому появлению зоопроблематик *Mobergella radiolata* в 10 м выше основания слоя 2. Нижняя граница атдабанского яруса и основание зон *R. zegebarti* и *Profallotaspis* проводятся по первому появлению соответствующих видов-индексов археоциат и трилобитов в основании слоя 4.

Разрез скв. Киси-Таас. Скважина пробурена на правом берегу р. Лена в 200 м ниже устья руч. Киси-Таас (Журавлева и др., 1983; Варламов и др., 2008). Скважиной вскрыты 50.1 м пестроцветной свиты и более 120 м толбинской свиты. В интервале 0–19.5 м вскрыта толща делювия. В пределах пестроцветной свиты выделены четыре пачки: I – интервал 19.5–42.4 м, II – интервал 42.4–62.0 м, III – интервал 62.0–69.6 м, IV – интервал 69.6–72.5 м (суннагинская пачка). В интервале 39.6–69.6 м отмечены археоциаты зоны *D. regularis*. Нижняя граница зоны *D. lenaicus* проводится условно на глубине 39.6 м по исчезновению археоциат нижежающей зоны. Таким образом, в скв. Киси-Таас мощность зоны *D. regularis* – 30 м, мощность зоны *D. lenaicus* – более 20 м. С глубины 34.8 м определена *Mobergella radiolata*.

Разрезы Ой-Муран–Бачык. Ниже по течению р. Лена в восточных разрезах стратотипического района *M. radiolata* встречается на нескольких уровнях в пределах зоны *Leptosocyathus polyseptus* (аналог зоны *R. zegebarti* в восточных разрезах). Так, в разрезе Ой-Муран мoberгеллы отмечены непосредственно в обнажениях у устья р. Гостинная (Демиденко, 2016) и в скв. Гостинная на гл. 0–4 и 8–15 м в верхней части зоны *L. polyseptus* и в интервале 52.5–79 м выше уровня с археоциатами зоны *D. lenaicus* (Ярусное..., 1984, рис. 16), что, по-видимому, соответствует уже низам зоны *L. polyseptus*. В разрезе Бачык *M. radiolata* обнаружена (Варламов и др., 2008) в основании слоя 2 еще в пределах зоны *L. polyseptus* (зона *Carinocyathus pinus* в разрезе начинается выше – с бачык-

ского водорослево-археоциатового биострома, слой 3), но уже вместе с трилобитами *Delgadella anabara* (Laz.), *Archaeaspis hupei* Rep., *Nevadella subgroenlandica* (Rep.), что позволяет сопоставлять этот уровень с низами зоны *Delgadella anabara* по трилобитам.

Междуречье Лена–Алдан. *Mobergella radiolata* отмечена здесь в пестроцветной свите скв. Улу-3 в фаунистических комплексах V и VI пограничного томмот-атдабанского интервала (Васильева, 1998, как *Mobergella brastady* (Poulsen, 1932) и *Brastadella brastady* (Poulsen, 1932)). Подробного описания разреза скважины и распространения в нем органических остатков автор не приводит и дает лишь весьма краткую характеристику комплексов. Для комплексов V и VI характерно наличие мoberгелл и зоопроблематик рода *Rhombocorniculum*, комплекс VI отличается от комплекса V наличием спикул губок *Heterostella*. Здесь мы приводим сведения о находке *M. radiolata* в данном районе только для дополнения географического распространения вида.

Разрез Малыкан. Нельзя оставить без внимания разрез пестроцветной свиты на правом берегу р. Лена напротив пос. Малыкан (Розанов, Миссаржевский, 1966; Розанов и др., 1969; Путеводитель..., 1973; Мешкова, 1974). Разрез обнажен не полностью, и комплексы ископаемых не настолько полны, как в других разрезах стратотипического района, однако он весьма важен для нашего анализа, так как представляет собой самый западный разрез из серии обнажений переходной фациальной области и в нем отмечены археоциаты зон *D. regularis* (низы пестроцветной свиты у уреза воды) и *R. zegebarti* (пестроцветная свита под нохоройской пачкой), а также находки *Mobergella radiolata* (на уровне ~50 м от уреза воды и ~45 м ниже нохоройской пачки). Очевидно, что находки археоциат комплекса *R. zegebarti* в разрезе Малыкан по уровню соответствуют иситскому биострому, а мoberгеллы обнаружены на уровне основания слоя 14 разреза Исить (45–47 м ниже нохоройской пачки), где отмечены самые нижние находки археоциат комплекса *R. zegebarti*.

Проанализируем мощности зон *D. regularis* и *D. lenaicus* в рассмотренных разрезах. Мощность зоны *D. regularis*: Улахан-Сулугур ~31 м, Бюктэлээх ~32 м, Дворцы – 41 м, Исить – 29 м, Жури́нский мыс (неполная мощность) – 18 м, Киси-Таас – 30 м. Мощность зоны *D. lenaicus*: Улахан-Сулугур ~38 м, Бюктэлээх – 39 м, Дворцы – 40 м, Исить (с учетом новых находок археоциат) – 10 м, Жури́нский мыс – 26 м, Киси-Таас – 20 м (неполная мощность). Легко заметить, что мощность зоны *D. regularis* варьирует незначительно, в среднем составляя около 30 м. Мощность же зоны *D. lenaicus* изменяется четырехкратно – от 9 до 40 м (рис. 3). Данное обстоятельство не согласуется с выдер-

жанными по мощности нижнекембрийскими толщами среднего течения рек Алдан и Лена, конечно, кроме рифовых и прилегающих к ним фаций (Ярусное..., 1984). Легко заметить, что в значительной степени завышенная мощность зоны *D. lenaicus* приходится на разрезы, в которых нижняя граница вышележащей зоны *R. zegebarti* проводится условно, в связи с отсутствием достоверных находок ископаемых данного комплекса. Так, во всех разрезах среднего течения р. Алдан подошва зоны *R. zegebarti* и атдабанского яруса совмещается с подошвой тумулдурской свиты, так как в верхней части пестроцветной свиты находки ископаемых редки.

Важнейшими являются находки зоопроблематики *Mobergella radiolata* в средней части пестроцветной свиты алданских разрезов Улахан-Сулугур, Бюктэлээх и Дворцы, в 9–14 м выше подошвы зоны *D. lenaicus* (рис. 3). Примечательно, что этот уровень, так же как и в разрезе Малыкан, совпадает с новыми находками археоциат комплекса *R. zegebarti* в разрезе Исить в 10 м выше подошвы зоны *D. lenaicus*. Целенаправленные поиски *Mobergella radiolata* в нескольких пересечениях разреза Исить в ходе полевых работ 2006, 2007, 2009, 2014, 2016–2018 гг. результатов не дали. Однако находки данного вида в 30 км ниже по течению р. Лена в разрезах Журинский мыс (наши сборы 2007 г.), Негюрчене (Ярусное..., 1984; наши сборы 2009 г.) и скв. Киси-Таас приходятся примерно на этот же уровень (рис. 3).

Нам представляется целесообразным включить вид *Mobergella radiolata* в состав комплекса зоны *R. zegebarti* и использовать первое появление данного вида в качестве надежного биостратиграфического инструмента для определения нижней границы зоны и, как следствие, нижней границы атдабанского яруса. Большое значение *Mobergella radiolata* приобретает для разрезов, в которых отсутствуют находки раннеатдабанских археоциат и трилобитов, распространение которых весьма локально.

Если мы принимаем уровень первого появления *Mobergella radiolata* за нижнюю границу атдабанского яруса, снимается противоречие с четырехкратным варьированием мощности зоны *D. lenaicus*, и ее мощность устанавливается в интервале 9–15 м: Улахан-Сулугур ~9 м, Бюктэлээх ~9 м, Дворцы – 15 м, Исить (по археоциатам) – 10 м, Журинский мыс – 10 м. В скв. Киси-Таас *M. radiolata* отмечена примерно в 5 м выше последних археоциат зоны *D. regularis*, однако, учитывая ограниченность материала из керна скважин, нельзя исключить, что археоциаты зоны *D. lenaicus* здесь пропущены, и нижнюю границу одноименной зоны в действительности следует проводить немного ниже.

Важно напомнить, что атдабанский ярус был установлен как последовательность комплексных подразделений по археоциатам, а уровень первого появления трилобитов рассматривался лишь как дополнительная характеристика нижней границы яруса (Журавлева и др., 1969). Таким образом, использование *M. radiolata* в качестве вида-индекса яруса не противоречит его оригинальной концепции, так как первое появление этого вида надежно увязано с подошвой первой археоциатовой зоны атдабана – *R. zegebarti*. Тот факт, что первые трилобиты обнаружены заведомо выше рассматриваемого уровня (рис. 3), лишь подтверждает устоявшуюся идею о том, что появление древнейших трилобитов связано с атдабаном.

Изменение положения границы между томмотским и атдабанским ярусами не существенно меняет объем ярусов (менее чем на треть) и, следовательно, не влечет за собой номенклатурных изменений (Стратиграфический..., 2006). Так, в стратотипе томмотского яруса в разрезе Дворцы в связи с уменьшением мощности зоны *D. lenaicus* на 25 м (рис. 3) мощность яруса уменьшается с 86 до 61 м (на ~29%). В гипостратотипе атдабанского яруса в разрезе Журинский мыс в связи с увеличением мощности зоны *R. zegebarti* на 26 м мощность яруса увеличивается с примерно 200 до 226 м (на ~11%). Важным положительным моментом является сдвиг стратотипа границы атдабанского яруса и зоны *R. zegebarti* с границы между слоями 3 и 4 разреза Журинский мыс, которая резко подчеркнута литологически, на 26 м вниз, внутрь слоя 2 того же разреза, где не наблюдается видимых литологических изменений в монотонной толще вишнево-красных глинистых известняков. В таком случае стратотип границы яруса ОСШ России будет удовлетворять и международным требованиям, предъявляемым климитотипам (Remane et al., 1996; Стратиграфический..., 2006).

Рассмотрим распространение вида *Mobergella radiolata* за пределами стратотипического Лено-Алданского региона (рис. 4–6).

Учуро-Майский район. В Учуро-Майском районе *M. radiolata* отмечена в разрезе по р. Сэлиндэ примерно в 95 м выше подошвы пестроцветной свиты (в верхах слоя 36; Репина и др., 1988, рис. 3). В 6–7 м выше этого уровня (низы слоя 37) встречены первые трилобиты *Profallogaspis privica* Rep., еще в 4 м выше – *P. jakutensis* Rep. (низы слоя 38). Выше, в верхах слоя 38, отмечены трилобиты *Repinaella explicata* (Rep.), в верхах слоя 41 – *Repinaella sibirica* (Rep.) и *Bigotina malykanica* Suv. В разрезе Сэлиндэ выделяются зоны томмотского яруса *N. sunnaginicus*, *D. regularis* и *D. lenaicus* по комплексам SSF, соответствующим стратотипическому региону, и зоны атдабанского яруса *Profallogaspis jakutensis*, *Repinaella*, *Delgadella anabara*–*Nevadella* по трилобитам. Нижняя граница атдабана



Рис. 4. Распространение зоопроблематик *Mobergella radiolata* Bengtson, 1968 на территории Сибирской платформы (контур платформы показан серой линией).

Разрезы: 1–8 – Лено-Алданский район: 1 – Дворцы, 2 – Бюктелээх и Улахан-Сулугур, 3 – Малькан, 4 – Исить, 5 – Журинский мыс, 6 – скв. Киси-Таас, 7 – Ой-Муран, 8 – Бачык; 9 – скв. Улу-3; 10, 11 – хр. Хараулах: 10 – Чекуровская антиклиналь, Чекуровка, 11 – Булкурская антиклиналь, Улахан-Алдьархай и Тюсэр; 12 – Учуро-Майский район, Сэлиндэ; 13 – Игарский район, скв. ИС-133; 14 – Восточное Прианабарье, скв. Танхайская-708; 15 – внутренние районы, скв. Моркокинская-707.

проводится по первому появлению трилобита *Profallotaspis privica*, хотя в нескольких метрах ниже отмечаются неопределимые остатки трилобитов в шлифах (Репина и др., 1988). На наш взгляд,

нижнюю границу яруса следует опустить на 6–7 м вниз до FAD вида *M. radiolata*, в таком случае все неопределимые фрагменты трилобитов будут заведомо атдабанские. Определимые археоциаты в

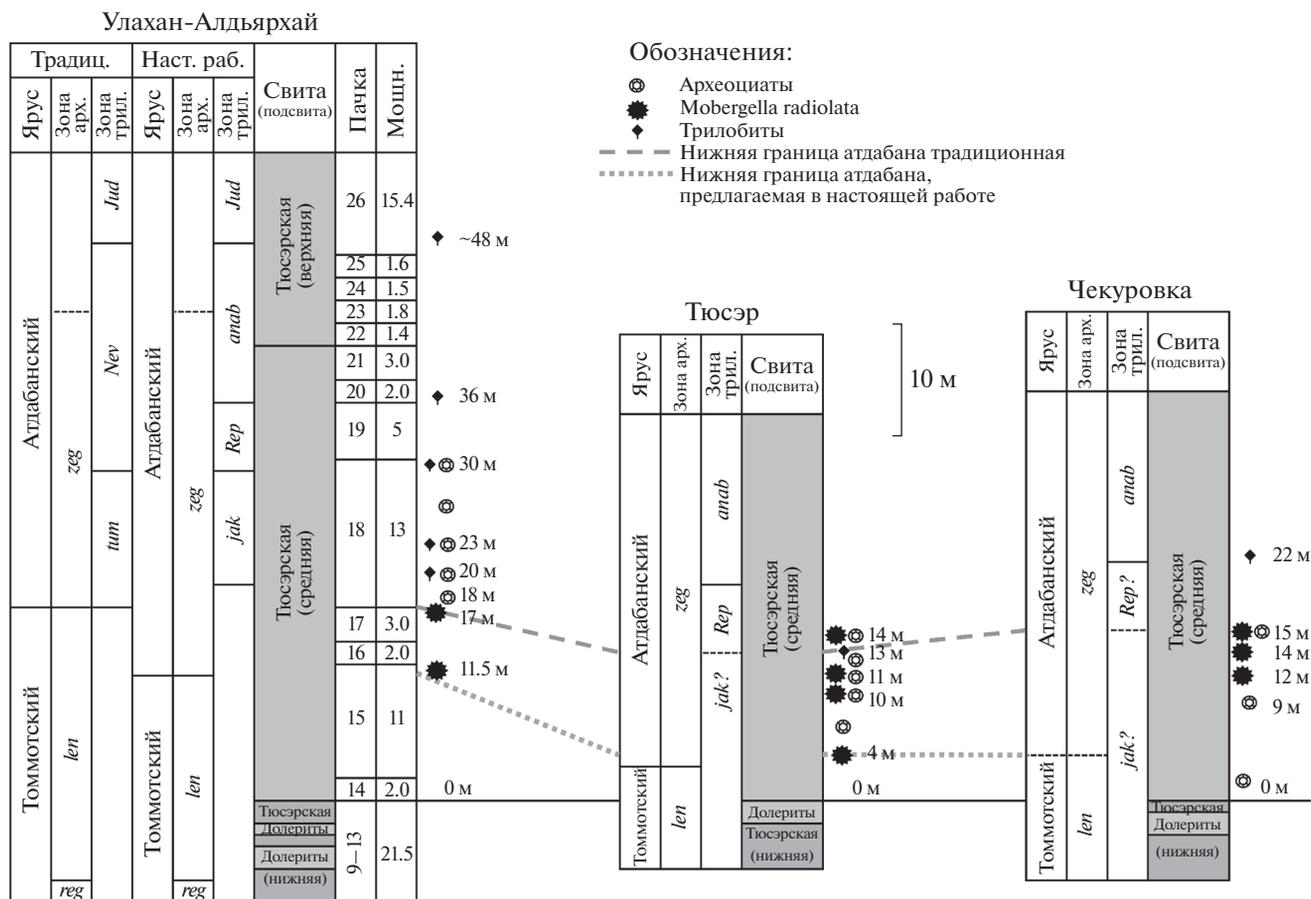


Рис. 5. Стратиграфическое распространение зоопроблематик *Mobergella radiolata* Bengtson, 1968, трилобитов и археоциат в разрезах Хараулаха (Репина и др., 1974; Коровников, Новожилова, 2012; Bushuev et al., 2014). Обозначения зон: *reg* – *Dokidocyathus regularis*, *len* – *Dokidocyathus lenaicus*–*Tumuliolythus primigenius*, *zeg* – *Reticoscinus zegebarti*/*Leptosocyathus polyseptus*, *jak* – *Profallotaspis jakutensis*, *Rep* – *Repinaella*, *anab* – *Delgadella anabara*, *Jud* – *Judomia*/*Prouktaspis*, *Nev* – *Nevadella*, *tum* – *Majatheca tummeffacta*. Сокращения: зона арх. – зона по археоциатам, зона трил. – зона по трилобитам.

разреze Сэлиндэ появляются на более высоких уровнях – только в зоне *Delgadella anabara*.

Под различными названиями (*Discinella brastadi* Poulsen, 1932, *Discinella* sp., *Brastadella brastadi* (Poulsen, 1932), *Mobergella braastadi* (Poulsen, 1932), *M. radiolata* Bengtson, 1968, *M. sibirica* Skovsted, 2003, *M. hexactina* Skovsted, 2003, *Mobergella* sp. и др.; синонимы и ревизию см. Демиденко, 2016) вид описан и в других регионах Сибирской платформы: из средней подсвиты тюсэрской свиты на севере платформы в нижнем течении р. Лена (Розанов и др., 1969; Мешкова, 1974; Репина и др., 1974; Коровников, Новожилова, 2012); из верхов краснопорожской свиты скв. ИС-133 в Игарском районе на западе платформы (Сухов и др., 2016); в эмьяксинской свите, скв. Танхайская-708 Восточного Прианабарья (Сухов и др., 2016); в сыгдахской свите скв. Моркокинская-707 внутренних районов платформы (Сухов и др., 2016).

Хребет Хараулах. В нижнем течении р. Лена на хр. Туора-Сис (Хараулахские горы) *M. radiolata*

отмечена в трех разрезах в пределах Булкурской и Чекуровской антиклиналей: разрез выше устья руч. Улахан-Алдьярхай (Репина и др., 1974, разрез 1), разрез возле устья руч. Тюсэр на правом берегу р. Лена (Репина и др., 1974, разрез 3) и разрез в 4 км ниже пос. Чекуровка на левом берегу р. Лена (Репина и др., 1974, разрез 4). В разрезе Улахан-Алдьярхай мoberгелла обнаружена в интервале⁴ 11.5–17 м от основания средней подсвиты тюсэрской свиты. В интервале 18–23 м из биогермов определен раннеатлабанский комплекс археоциат (Репина и др., 1974; Репина, Розанов, 1992). Здесь же в интервале 20–23 м из биогермов описаны трилобиты *Profallotaspis tyusserica* Bushuev et Goryaeva,

⁴ Мощности слоев и пачек разреза Улахан-Алдьярхай отличаются в описаниях разных авторов (Репина и др., 1974; Bushuev et al., 2014). Здесь мы используем описание разрезов Хараулаха, приведенное в работе Л.Н. Репиной с соавторами (1974). Метраж новых находок трилобитов в разрезе Улахан-Алдьярхай пересчитан в соответствии с рис. 3 статьи Е.В. Бушуева с соавторами (Bushuev et al., 2014).

МХШ 2018	ОСШ: СИБИРСКАЯ ПЛАТФОРМА		Лено-Алданский район		Учуро- Майский район	Игарский район (скв. ИС-133)	Хребет Хараулах	Восточное Прианбарье (скв. Танхайская-708)	Внутренние районы (скв. Морко- кинская-707)
	Отдел	Ярус	Зоны по археоциатам	Зоны по трилобитам/SSF					
Отдел 2	Ярус 4	Ботомский	Carinacyathus squamosus— Votomocyathus zelenovi	Bergeoniellus misciformis— Erbella	Курторгиновая	Переходная	Сэктэнская	Удачинская	Олекминская
		Ярус 2	Томотский	Nochorocyathus kokoulini	Judomia—Uktaspis (Prouktaspis)	Пестро- цветная	Красно- порожская		
				Ярус 1	Томотский	Carinacyathus pinus	Delgadella anabara	Тумул- дурская	Тюсэрская
	Ярус 0	Томотский	Retecoscinus zegebarti/ Leptoscyathus polyseptus			Repinaella Profallotaspis jakutensis Mobergella	Пестро- цветная	Эмькинская	
			Ярус 0	Томотский	Dokidocyathus lenaicus— Tumulolynthus primigenius		Пестро- цветная	Сыдаховская	
	Ярус 0	Томотский			Dokidocyathus regularis	Lapworthella bella Lapworthella tortuosa	Пестро- цветная	Билирская	
			Ярус 0	Томотский	Nochorocyathus sunnaginicus	Aldanella attiborensis— Watsonella crosbyi	Юдомская	Билирская	
	Ярус 0	Томотский					Юдомская	Билирская	
			Ярус 0	Томотский			Юдомская	Билирская	
Ярус 0	Томотский					Юдомская	Билирская		

Рис. 6. Стратиграфическое распространение зоопроблематик *Mobergella radiolata* (черная звезда) в литолого-стратиграфических подразделениях нижнего кембрия различных структурно-фацциальных регионов Сибирской платформы. Пунктиром отмечена нижняя граница атланского яруса (свиты по Astashkin et al., 1991; Сухов и др., 2016). Сокращения: МХШ — Международная хроностратиграфическая шкала, ОСШ — Общая стратиграфическая шкала России.

2014 (Bushuev et al., 2014). Выше на уровне ~30 м отмечены *Repinaella* sp., а на уровне 36 м и выше уже в верхней подсвите тюсэрской свиты – трилобиты зоны *Delgadella anabara*–*Nevadella: Delgadella pervulgata* (Lazarenko, 1962), *D. anabara* (Lazarenko, 1962), *D. sakhaica* (Nikiforov, 1974), *Nevadella effusa* Repina, 1974, *Paranevadella subgroenlandica* (Repina, 1965) (Репина и др., 1974; Bushuev et al., 2014).

В разрезе Тюсэр мoberгелла отмечена на нескольких уровнях: 4, 10, 11 и 14 м от основания средней подсвиты тюсэрской свиты, здесь же на уровне 13 м определены трилобиты *Repinaella exPLICATA*, а в интервале 7–14 м – находки археоциат, распространенных в зонах *D. lenaicus*–*R. zegebarti*. В разрезе Чекуровка мoberгелла присутствует на трех уровнях: 12, 14 и 15 м от основания средней подсвиты тюсэрской свиты, а выше на уровне ~22 м от основания подсвиты определены *D. anabara* и *Nevadella* sp. (Репина и др., 1974).

Биостратиграфическое расчленение разреза тюсэрской свиты Хараулаха выглядит следующим образом (рис. 5). Нижняя подсвита (мощность 26 м) по находкам вида зоопроблематик *Lapworthella tortuosa* в 2.5 м выше основания свиты относится к низам зоны *D. regularis*, подзоне *Lapworthella tortuosa* (Коровников, Новожилова, 2012). В 16–20 м от основания свиты фиксируется подошва зоны *D. lenaicus* по находкам археоциат и *SSF* (Astashkin et al., 1991). В средней подсвите (мощность 41 м) начиная с отметки 12 м выше ее подошвы отмечены находки мoberгелл, что позволяет этот уровень считать подошвой атдабанского яруса и зоны *R. zegebarti*. Расположенные выше в 6 м (или в 1 м по Bushuev et al., 2014, рис. 3) биогермы с археоциатами принадлежат этой же зоне (Репина, Розанов, 1992). Трилобиты зоны *Profalotaspis jakutensis* появляются в 24 м выше подошвы атдабанского яруса, определенного по *Mobergella radiolata*. Основание зоны *Delgadella anabara* фиксируется на уровне 38 м от подошвы яруса.

Таким образом, характер зонального расчленения и даже мощности зон Хараулахских разрезов близки к таковым стратотипического района. Здесь также *M. radiolata* и первые атдабанские археоциаты появляются в разрезе практически одновременно, а первые трилобиты – чуть позже.

Игарский район. В Игарском районе на западе платформы *M. radiolata* отмечена на уровне ~42 м выше подошвы краснопорожской свиты в разрезе скв. ИС-133 вместе с зоопроблематиками *Rhombocorniculum insolutum* Miss., мощность свиты здесь ~58 м (Сухов и др., 2016, рис. 28). В этом же районе в разрезе по р. Сухариха нижняя граница атдабанского яруса по фауне археоциат фиксируется на уровне 12–13 м (Rowland et al., 1998) или 15–17 м (Розанов и др., 1969) выше подошвы краснопорожской свиты, а мощность самой сви-

ты оценивается от 135 м (Kouchinsky et al., 2007) до 150–200 м (Розанов и др., 1969; Репина, Розанов, 1992). Поэтому находки мoberгелл в скв. ИС-133, по-видимому, не раннеатдабанские, а должны быть датированы серединой века, временем *Delgadella anabara*, что не противоречит совместному нахождению с зоопроблематиками *Rhombocorniculum insolutum*, которые распространены в первой половине атдабана от зоны *P. jakutensis* до зоны *D. anabara* (Kouchinsky et al., 2015)⁵. Отсутствие находок археоциат и трилобитов в разрезе скважины не позволяет более точно установить биостратиграфические границы.

Восточное Прианбарье. В Восточном Прианбарье *M. radiolata* отмечена в эмьяксинской свите (мощность 171 м) скв. Танхайская-708 (Сухов и др., 2016, табл. 2, лист 22). Вид встречается на уровне 16–26 м от подошвы свиты вместе со среднеатдабанскими археоциатами *Geocyathus latini* (Zhur.) и *G. botomaensis* Zhur. зоны *Carinacyathus pinus*. Выше на уровне 131–142 м от подошвы свиты определены трилобиты *Delgadella* sp., *Triangulaspis* sp. Поэтому находки мoberгелл в скв. Танхайская-708 следует также датировать временем *Delgadella anabara/Carinacyathus pinus*.

Внутренние районы платформы. В центральных областях Сибирской платформы мoberгелла определена в 24–36 м от подошвы сыгдахской свиты (мощность 326 м) скв. Моркокинская-707 на границе томмотского и атдабанского ярусов (Сухов и др., 2016, табл. 2, лист 15). Совместно встреченный комплекс *SSF* (*Majathesa* sp., *Hyolithellus tenuis* Miss., *H. vladimirovae* Miss., *Lapworthella* sp., *Camenella admiranda* Miss., *Archiassterella* sp.) близок к таковому из зоны *Profalotaspis jakutensis* середины средней подсвиты тюсэрской свиты Хараулаха (Коровников, Новожилова, 2012, рис. 3).

ЯРУС 3 МЕЖДУНАРОДНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ

Рассмотрим распространение вида *Mobergella radiolata* за пределами Сибирской платформы и определим возможность использования этого таксона как вида-индекса нижней границы яруса 3 МХШ.

Балтика. Это еще один палеоконтинент, где широко распространена *Mobergella radiolata*. Здесь этот вид встречен на территории современных Швеции, Дании, Эстонии, Польши и Европейской России. На юге Швеции *M. radiolata* из-

⁵ Упоминания о находке *R. insolutum* в отложениях зоны *D. lenaicus* верхов томмотского яруса относятся к верхам слоя 14 разреза Исить в среднем течении р. Лена. Данный слой на основании находок комплекса археоциат зоны *R. zegebarti* (Скорлотова, 2013) относится к низам атдабанского яруса.

вестна из низов формации Норреторп Скании и датского острова Борнхольм (Bengtson, 1968; Bergström, 1981; Nielsen, Schovsbo, 2007, 2011), из низов формации Филе-Хайдар (Песчаники Калмарсунд и Песчаники Mickwitzia) полуострова Сяггенас и балтийских островов Эланд и Готланд (Bengtson, 1968; Jensen, 1997; Nielsen, Schovsbo, 2007, 2011). Эти толщи коррелируются с низами зоны *Schmidtellus mickwitzi* (Bengtson, 1968, 1970, 1977; Bergström, 1981; Jensen, 1997; Kouchinsky et al., 2012), в которой встречаются древнейшие трилобиты Балтики (см. выше), но есть мнение и о более молодом возрасте песчаников *Mickwitzia* – их иногда сопоставляют с зоной *Holmia kjerulfi* (Moczyłowska, 1991; Nielsen, Schovsbo, 2007, 2011). В Западной Эстонии *M. radiolata* описана из люкатиских слоев и низов тискреских слоев (Менс, Пиррус, 1977), которые коррелируются с зоной *Schmidtellus mickwitzi* по трилобитам и акритархам (Bergström, 1973; Менс, Пиррус, 1977; Mens et al., 1990; Moczyłowska, 1991, 2011, рис. 2; Meidla, 2017, рис. 2). В Восточной Польше *M. radiolata* известна из вскрытых скважинами завишинских слоев, а на севере Польши – из мoberгелловых слоев (Lendzion, 1972, 1975, 1983; Арень, Лендзён, 1974; Dzik, Lendzion, 1988). В завишинских слоях совместно с мoberгеллами найдены слабоминерализованные артроподы – аномалокариды *Cassubia infercambriensis* (Lendzion, 1975), трилобиты *Liwia plana* (Lendzion, 1975) и *L. convexa* (Lendzion, 1975). Завишинские и мoberгелловые слои Польши также коррелируют с зоной *Schmidtellus mickwitzi* Скандинавии (Moczyłowska, 1991, рис. 8) или чуть более древними толщами (Dzik, Lendzion, 1988). Находки мoberгелл в глебовских слоях верхов лонтоваского горизонта Московской синеклизы, верхи зоны *Platysolenites antiquissimus* (Розанов, 1973, рис. 134; Кирсанов, 1974; Rozanov, Zhuravlev, 1992)⁶, вероятно, являются самыми древними в Балтике, и их следует сопоставлять с базальным атдабаном Сибирской платформы (рис. 1).

Таким образом, в Балтике *Mobergella radiolata* распространена крайне широко, но подавляющее большинство находок приурочено к зоне *Schmidtellus mickwitzi*, что соответствует верхней половине зоны *Repinaella* и значительной части зоны *Delgadella anabara* на Сибирской платформе. Как отмечалось выше, в Сибири на этом уровне *M. radiolata* также широко распространена. И только для Московской синеклизы Восточно-Европейской платформы можно говорить о вероятной синхронности первого появления мoberгелл на палеоконтинентах Балтики и Сибири.

⁶ К сожалению, ни в одной из упомянутых публикаций не приведено изображение найденной мoberгеллы, в связи с чем видовая принадлежность данной формы не вполне ясна.

Гондвана. На крупнейшем кембрийском континенте Гондвана достоверных находок *Mobergella radiolata* пока не отмечено. Однако следует обратить внимание на ископаемых из нижнего кембрия пров. Гуйчжоу (Южно-Китайская платформа), описанных как *Mobergella? guizhouensis* Qian et Yin, 1984 (Qian, Yin, 1984, p. 112, pl. 4, fig. 6, pl. 5, figs. 12, 13; Wang et al., 1984, pl. 4, fig. 8). На фототаблицах изображена мoberгелла удовлетворительной сохранности с грубыми, радиально расходящимися складками на поверхности склерита. Близкий облик имеют частично разрушенные склериты *M. radiolata* из сибирских разрезов (Демиденко, 2016, рис. 2, *в–е*; Демиденко, Пархаев, 2016, рис. 2, *а*). *M.? guizhouensis* происходит из верхов формации Гежонву и самых низов формации Нютитан в разрезе Гежонву, округ Жицзинь (Wei et al., 2018, рис. 2). Выше в разрезе с низов верхней пачки формации Нютитан встречены трилобиты *Tsunyidiscus niutitangensis* (Chang, 1964), *T. qingzhenensis* Yin in Yin et Li, 1978, *Tsunyidiscus* sp. (= *Guizhoudiscus* sp.). Очевидно, что пачка с трилобитами относится к подзоне *Tsunyidiscus* (Peng et al., 2012) низов зоны *Eoredlichia–Wutingaspis* (Steiner et al., 2007), которая соответствует среднему–верхнему атдабану (см. выше). Поэтому нижележащие толщи могут быть датированы ранним–средним атдабаном, а именно в этом временном интервале следует ожидать находки *M. radiolata*. В этой связи дополнительное изучение палеонтологической характеристики разреза Гежонву, пров. Гуйчжоу, Южный Китай крайне желательно.

Авалония. В литературе встречаются упоминания о находках *Mobergella radiolata* на территории Авалонии (Великобритания, разрез Комли в гр. Шропшир) (Ярусное..., 1984, с. 152). Однако следует признать, что они относятся к другому виду мoberгелл – *M. turgida* Bengtson, 1968 (Bengtson, 1977; Brasier, 1989; Демиденко, 2016), а вид *Mobergella radiolata* в Авалонии до сих пор не найден. Но тот факт, что *M. turgida* встречается вместе с *M. radiolata* в серии разрезов Балтики (Bengtson, 1968, 1977; Арень, Лендзён, 1974), не оставляет сомнений в том, что слои с *Obolella groomi* основания песчаников Комли (слой Ab1) с мoberгеллами следует сопоставлять с зоной/слоями с *Mobergella* Балтики и с верхней частью интервала распространения *M. radiolata* на Сибирской платформе.

Палеонезия. Палеонезией называют группу террейнов или микроконтинентов, существовавших в Палеоазиатском океане в позднем докембрии–раннем палеозое к востоку от территории Сибирской платформы (Levashova et al., 2011, рис. 9). В их число входили казахстанский и монгольский блоки. Находки *Mobergella* sp. в низах ботомского яруса хаирханской свиты разреза Саланы-Гол Западной Монголии (Коробов, Миссаржевский, 1977; Воронин и др., 1982, с. 40, рис. 3) были пере-

описаны (Миссаржевский, 1989) как новый вид *Discinella mongolica* Missarzhevsky, 1989, а впоследствии эту форму отнесли к роду *Hippoklosma* (Conway Morris, Chapman, 1997). На настоящий момент виды рода *Mobergella* в кембрии Монголии достоверно не известны.

Mobergella radiolata была описана из мoberгелловых слоев Центрального Казахстана (Конева, 1983; Гридина, 1990), разрез р. Селета, керимбайская свита. Однако встречающиеся совместно трилобиты *Labradoria* sp., *Kootenia* sp. и *Vajanaspis* sp. свидетельствуют о ботомском возрасте вмещающих отложений (Гридина, 1990). Переизучение материала может уточнить вопрос — действительно ли *M. radiolata* в Казахстане существовала в ботомском веке, или здесь мы имеем дело с ошибочным определением, и находки должны быть отнесены к другому виду.

Подводя итог анализа распространения вида *Mobergella radiolata* в мире, можно констатировать следующее. На территории Сибирской платформы (практически все основные структурно-фациальные районы) и Балтики (Восточно-Европейская платформа, Скандинавия) появление вида в разрезах четко свидетельствует о раннеатдабанском возрасте вмещающих отложений. Наличие региональных и локальных перерывов различного масштаба на границе возрастных аналогов томмотского и атдабанского ярусов в разрезах Балтики (Mens et al., 1990) и, соответственно, возможное отсутствие здесь самых базальных горизонтов атдабана не препятствует использованию таксона *M. radiolata* как вида-индекса ярусного подразделения. На территории Гондваны возможные находки мoberгелл в дотрилобитовых толщах пров. Гуйчжоу, Южный Китай служат важным дополнением к корреляционному потенциалу обсуждаемого вида. Поэтому нам представляется целесообразным использовать *M. radiolata* для установления нижней границы яруса 3 МХШ. В любом случае, данный вид зоопроблематик обеспечивает несравнимо более широкую и надежную корреляцию, чем какой-либо из видов древнейших трилобитов или представителей других групп ископаемых.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Мы предлагаем считать стратотипом нижней границы комплексной зоны *R. zegebarti* и нижней границы атдабанского яруса ОСШ уровень первого появления вида зоопроблематик *Mobergella radiolata* в средней части пестроцветной свиты в 10 м выше подошвы слоя 2 разреза Журицкий мыс. В таком случае (а) решается проблема четырехкратного разброса в мощности зоны *D. lepaicus* в разрезах среднего течения рек Алдан и Лена, и мощность фиксируется в пределах 9–15 м; (б) серия разрезов, в которых отсутствуют находки археоциат и нижняя граница атдабанско-

го яруса проводится условно, получает надежную биостратиграфическую характеристику для обоснования границы яруса; (в) представитель микрофауны *Mobergella radiolata*, как биостратиграфический инструмент, имеет очевидные преимущества перед макрофауной — археоциатами и трилобитами, находки которых имеют узкую фациальную приуроченность и довольно редки даже в пределах стратотипического региона. *Mobergella radiolata* встречается за пределами стратотипического региона (Учуро-Майский район, Хараулах, Игарский район, Восточное Прианбарье, внутренние районы платформы), что позволяет проводить надежную межрегиональную корреляцию внутри Сибирской платформы. Использование *Mobergella radiolata* для обоснования подошвы атдабанского яруса не противоречит оригинальной концепции яруса и сохраняет атдабан как время первого появления трилобитов в геологической летописи.

2. Мы предлагаем использовать *Mobergella radiolata* как вид-индекс для обоснования нижней границы яруса 3 МХШ. В таком случае (а) нижняя граница яруса 3 уверенно распознается в разрезах нескольких палеоконтинентов: Сибири, Балтики и, возможно, Западной Гондваны (Южный Китай); (б) век 3 остается как время первого появления трилобитов в глобальном масштабе, так как уровень первого появления *Mobergella radiolata* на всех палеоконтинентах заведомо ниже уровня появления первых трилобитов; (в) использование одного и того же вида ископаемых для определения нижней границы атдабанского яруса ОСШ и яруса 3 МХШ позволяет однозначно сопоставлять эти подразделения и, фактически, использовать атдабанский ярус как подразделение МХШ.

В заключение отметим, что в одной из последних крупных сводок по стратиграфии и фауне кембрия Сибирской платформы (Сухов и др., 2016, рис. 2, 4) в базальной части атдабанского яруса присутствует подразделение слои с “*Mobergella radiolata*”, соответствующее одной зоне по археоциатам *Retecoscinus zegebarti/Leptosocyathus polyseptus* и двум зонам по трилобитам *Profallotaspis jakutensis* и *Repinaella*. Таким образом, идея об использовании *M. radiolata* как важной формы для определения нижней границы атдабанского яруса ОСШ России уже находит поддержку среди специалистов.

Источники финансирования. Работа выполнена при поддержке РФФИ, проекты №№ 16-05-00651, 19-04-01027.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Арень Б., Лендзён К. Распространение и стратиграфия климонтовского яруса нижнего кембрия на платформе в Польше // Биостратиграфия и палеонтология ниж-

- него кембрия Европы и Северной Азии. М.: Наука, 1974. С. 30–35.
- Варламов А.И., Розанов А.Ю., Хоментовский В.В. и др.* Кембрий Сибирской платформы. Книга 1: Алдано-Ленский регион. М.: ПИН РАН, 2008. 300 с.
- Варламов А.И., Розанов А.Ю., Демиденко Ю.Е. и др.* Проект кембрийской части общей стратиграфической шкалы России // Материалы Всероссийского совещания “Общая стратиграфическая шкала России: состояние и перспективы обустройства”, Москва, 23–25 мая 2013 г. Ред. Федонкин М.А. М.: ГИН РАН, 2013. С. 79–87.
- Васильева Н.И.* Мелкая раковинная фауна и биостратиграфия нижнего кембрия Сибирской платформы. СПб.: ВНИГРИ, 1998. С. 1–139.
- Воронин Ю.И., Воронова Л.Г., Григорьева Н.В. и др.* Граница докембрия и кембрия в геосинклинальных областях (опорный разрез Саланы-Гол, МНР). М.: Наука, 1982. 152 с. (Тр. ССМПЭ. Вып. 18).
- Гридина Н.М.* Фосфатные проблематики в отложениях нижнего кембрия реки Селеты (Центральный Казахстан) // Тезисы докладов 3-го Междунар. симпозиума по кембрийской системе. Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1990. С. 25.
- Демиденко Ю.Е.* Морфология, систематическое положение и стратиграфическое распространение раннекембрийских скелетных проблематик *Mobergella radiolata* Bengtson, 1968 // Палеонтол. журн. 2016. № 5. С. 10–22.
- Демиденко Ю.Е., Пархаев П.Ю.* Мелкораквинная фауна, внедрение химического препарирования кембрийских ископаемых и новые данные по микроструктуре склеритов *Mobergella radiolata* // Палеонтология. Стратиграфия. Астробиология. К 80-летию академика А.Ю. Розанова. Ред. Рожнов С.В. М.: ПИН РАН, 2016. С. 188–194.
- Дэйли Б.* Новые данные об основании кембрия в Южной Австралии // Изв. Акад. наук СССР. Сер. геол. 1976. № 3. С. 45–52.
- Журавлева И.Т., Коршунов В.И., Розанов А.Ю.* Атдабанский ярус и его обоснование по археоциатам в стратотипическом разрезе // Биостратиграфия и палеонтология нижнего кембрия Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1969. С. 5–59.
- Журавлева И.Т., Коршунов В.И., Лучинина В.А. и др.* Опорные скважины верхнего докембрия–нижнего кембрия в стратотипическом районе среднего течения р. Лены // Биостратиграфия и палеонтология нижнего и среднего кембрия Азиатской части СССР. М.: Наука, 1983. С. 3–45.
- Кирсанов В.В.* К вопросу о стратиграфии пограничных слоев венда и кембрия в центральных районах Восточно-Европейской платформы // Биостратиграфия и палеонтология нижнего кембрия Европы и Северной Азии. М.: Наука, 1974. С. 5–21.
- Конева С.П.* *Mobergella* из нижнего кембрия Селетинского синклинали // Стратиграфия и палеонтология нижнего палеозоя Казахстана. Алма-Ата: Наука, 1983. С. 110–112.
- Коробов М.Н., Миссаржевский В.В.* О пограничных слоях кембрия и докембрия Западной Монголии (хребет Хасагт-Хайрхан) // Беспозвоночные палеозоя Монголии. М.: Наука, 1977. С. 7–9.
- Коровников И.В., Новожилова Н.В.* Новые данные по биостратиграфии нижнего и низов среднего кембрия Хараулахских гор (северо-восток Сибирской платформы, Чекуровская антиклиналь) // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 8. С. 1014–1026.
- Менс К., Пиррус Э.* Стратотипические разрезы кембрия Эстонии. Таллин: Валгус, 1977. 68 с.
- Мешкова Н.П.* Хиолиты нижнего кембрия Сибирской платформы. Новосибирск: Наука, 1974. 110 с.
- Миссаржевский В.В.* Древнейшие скелетные окаменелости и стратиграфия пограничных толщ докембрия и кембрия. М.: Наука, 1989. 237 с. (Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 443).
- Пархаев П.Ю.* Кембрийские моллюски Австралии: обзор таксономии, биостратиграфии и палеобиогеографии // Стратиграф. Геол. корреляция. 2019а. Т. 27. № 2. С. 52–79.
- Пархаев П.Ю.* Находка моллюсков *Watsonella crosbyi* Grabau (Gastropoda: Helcionelliformes) в ботомских отложениях Китая // Докл. АН. 2019б. Сер. геол. Т. 488. № 6. С. 624–629.
- Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Л.: ВСЕГЕИ, 1983. Вып. 21. 74 с.
- Путеводитель экскурсии по рекам Алдану и Лене (Международная экскурсия по проблеме границы кембрия и докембрия). Якутск: ВИЭМС, 1973. 118 с.
- Решения Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири. Часть 1 (верхний протерозой и нижний палеозой). Новосибирск: СибГРМССК, 1983. 216 с.
- Репина Л.Н.* Планетарная корреляция ярусных подразделений нижнего кембрия по трилобитам // Биостратиграфия и палеонтология кембрия Северной Азии. М.: Наука, 1986. С. 4–25 (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР. Вып. 669).
- Репина Л.Н., Розанов А.Ю.* (ред.). Кембрий Сибири. Новосибирск: Наука, 1992. 135 с.
- Репина Л.Н., Лазаренко Н.П., Мешкова Н.П. и др.* Биостратиграфия и фауна нижнего кембрия Хараулаха. М.: Наука, 1974. 300 с. (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР. Вып. 235).
- Репина Л.Н., Бородаевская З.В., Ермак В.В.* Опорный разрез по р. Сэлиндэ (юго-восточная окраина Алданского щита) // Кембрий Сибири и Средней Азии. М.: Наука, 1988. С. 3–31 (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР. Вып. 720).
- Розанов А.Ю.* Закономерности морфологической эволюции археоциат и вопросы ярусного расчленения нижнего кембрия. М.: Наука, 1973. 164 с. (Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 241).
- Розанов А.Ю., Миссаржевский В.В.* Биостратиграфия и фауна нижних горизонтов кембрия. М.: Наука, 1966. 127 с. (Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 148).
- Розанов А.Ю., Миссаржевский В.В., Волкова Н.А. и др.* Томмотский ярус и проблема нижней границы кембрия. М.: Наука, 1969. 380 с. (Тр. Геол. ин-та АН СССР. Вып. 206).

- Розанов А.Ю., Семихатов М.А., Соколов Б.С. и др. Решение о выборе стратотипа границы докембрия и кембрия: прорыв в проблеме или ошибка? // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1997. № 1. С. 21–31.
- Розанов А.Ю., Хоментовский В.В., Шабанов Ю.Я. и др. К проблеме ярусного расчленения нижнего кембрия // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008. Т. 16. № 1. С. 3–21.
- Розанов А.Ю., Пархаев П.Ю., Демиденко Ю.Е. и др. Ископаемые стратотипов ярусов нижнего кембрия. М.: ПИН РАН, 2010. 228 с.
- Скорлотова Н.А. Археоциаты стратотипических разрезов томмотского и атдабанского ярусов. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. М.: ПИН РАН, 2013. 16 с.
- Стратиграфический кодекс России. Изд. 3-е. СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.
- Сухов С.С., Шабанов Ю.Я., Пегель Т.В. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кембрий Сибирской платформы. Т. 1. Стратиграфия. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2016. 498 с.
- Хоментовский В.В., Репина Л.Н. Нижний кембрий стратотипического разреза Сибири. М.: Наука, 1965. 200 с.
- Ярусное расчленение нижнего кембрия. Стратиграфия. Ред. Розанов А.Ю., Соколов Б.С. М.: Наука, 1984. 184 с.
- Ahlberg P. Trilobites in the Lower Cambrian of Scandinavia // GFF. 1991. V. 113. P. 74–75.
- Ahlberg P., Bergström J., Johansson J. Lower Cambrian olenellid trilobites from the Baltic faunal province // GFF. 1986. V. 108. Pt. 1. P. 39–56.
- Astashkin V.A., Pegel T.V., Repina L.N. et al. The Cambrian System on the Siberian Platform. Correlation chart and explanatory notes // Int. Union Geol. Sci. Spec. Publ. 1991. № 27. P. 1–133.
- Astashkin V.A., Belyaeva G.V., Esakova N.V. et al. The Cambrian System of the foldbelts of Russia and Mongolia. Correlation chart and explanatory notes // Int. Union Geol. Sci. Spec. Publ. 1995. № 32. P. 1–132.
- Babcock L.E., Peng S. Cambrian chronostratigraphy: current state and future plans // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2007. V. 254. P. 62–66.
- Babcock L.E., Peng S., Geyef G., Shergold J.H. Changing perspectives on Cambrian chronostratigraphy and progress toward subdivision of the Cambrian System // Geosci. J. 2005. V. 9. P. 101–106.
- Babcock L.E., Peng S., Zhu M. et al. Proposed reassessment of the Cambrian GSSP // J. African Earth Sci. 2014. V. 98. P. 3–10.
- Bengtson S. The problematic genus *Mobergella* from the Lower Cambrian of the Baltic area // Lethaia. 1968. V. 1. P. 325–351.
- Bengtson S. The Lower Cambrian fossil *Tommotia* // Lethaia. 1970. V. 3. P. 363–392.
- Bengtson S. Aspects of problematic fossils in the early Palaeozoic // Acta Univ. Upsaliensis. Abstr. Uppsala Dissert. Faculty of Sci. 1977. V. 415. P. 1–71.
- Bengtson S., Conway Morris S., Cooper B. et al. Early Cambrian fossils from South Australia // Mem. Assoc. Austral. Palaeontol. 1990. № 9. P. 1–364.
- Bergström J. Classification of olenellid trilobites and some Balto-Scandinavian species // Norsk Geol. Tidsskrift. 1973. V. 53. P. 283–314.
- Bergström J. Lower Cambrian shelly faunas and biostratigraphy in Scandinavia // Short Pap. 2nd Int. Sympos. on Cambrian system. Golden: Colorado School of Mines, 1981. P. 22–25.
- Brasier M.D. Towards a biostratigraphy of the earliest skeletal biotas // The Precambrian–Cambrian Boundary. Eds. Cowie J.W., Brasier M.D. Oxford: Clarendon Press, 1989. P. 117–165.
- Brasier M.D., Anderson M.M., Corfield R.M. Oxygen and carbon isotope stratigraphy of Early Cambrian carbonates in southeastern Newfoundland and England // Geol. Mag. 1992. V. 129. P. 265–279.
- Brasier M.D., Cowie J., Taylor M. Decision on the Precambrian–Cambrian boundary // Episodes. 1994. V. 17. P. 3–8.
- Bushuev E., Goryaeva I., Pereladov V. New discoveries of the oldest trilobites *Profallotaspis* and *Nevadella* in the north-eastern Siberian Platform, Russia // Bull. Geosci. 2014. V. 89. № 2. P. 347–364.
- Conway Morris S., Chapman A.J. Mobergellans from the Lower Cambrian of Mongolia, Sweden, and the United States: Molluscs or opercula of incertae sedis? // J. Paleontol. 1997. V. 71. № 6. P. 968–984.
- Cowie J.W., Basset M.G. Global Stratigraphic Chart with geochronometric and magnetostratigraphic calibration // Episodes. 1989. V. 12. № 2. Supplement.
- Daily B. The base of the Cambrian and the first Cambrian faunas // Stratigraphic problems of the Later Precambrian and Early Cambrian. Eds. Jones J.B., McGowran B. Univ. Adelaide Centre Precamb. Res. Spec. Pap. 1972. № 1. P. 13–41.
- Debrenne F., Debrenne M. Archaeocyathid fauna of the lowest fossiliferous levels of Tiout (Lower Cambrian, Southern Morocco) // Geol. Mag. 1978. V. 115. № 2. P. 101–120.
- Debrenne F., Zhuravlev A.Yu., Kruse P.D. General features of the Archaeocyatha. Systematic descriptions: Archaeocyatha // Treatise on Invertebrate Paleontology. Part E: Porifera revised, Hypercalcified Porifera, Volume 5. Ed. Selden P.A. Lawrence: Univ. of Kansas Press, 2015. P. 845–1084.
- Demidenko Yu.E., Parkhaev P.Yu., Rozanov A.Yu. Morphological variability and types of preservation of *Mobergella radiolata* – a potential index species for the GSSP of Cambrian Stage 2 // J. Guizhou Univ. 2012. V. 29. Suppl. 1. P. 157–158.
- Dzik J., Lendzion K. The oldest arthropods of the East European Platform // Lethaia. 1988. V. 21. P. 29–38.
- Fletcher T.P. Bedrock geology of the Cape St. Mary's Peninsula, Southwest Avalon Peninsula, Newfoundland. St. John's: Gov. of Newfoundland and Labrador, 2006. P. 1–117.
- Geyer G. Intercontinental trilobite-based correlation of the Moroccan early Middle Cambrian // Canad. J. Earth Sci. 1998. V. 35. P. 374–401.
- Geyer G., Landing E. The Cambrian of the Moroccan Atlas regions // Beringeria. 1995. Spec. № 2. P. 7–46.
- Geyer G., Landing E. Morocco-2006: Ediacaran–Cambrian depositional environments and stratigraphy of the western Atlas regions // Beringeria. 2006. Spec. № 6. P. 1–121.

- Geyer G., Palmer A.R.* Neltneriidae and Holmiidae (Trilobita) from Morocco and the problem of Early Cambrian intercontinental correlation // *J. Paleontol.* 1995. V. 69. P. 459–474.
- Geyer G., Shergold J.* The quest for internationally recognized divisions of Cambrian time // *Episodes.* 2000. V. 23. № 3. P. 188–195.
- Gravestock D.I., Alexander E.M., Demidenko Yu.E. et al.* The Cambrian biostratigraphy of the Stansbury Basin, South Australia. Moscow: MAIK Nauka/Interperiodica, 2001. 344 p. (Trans. Paleontol. Inst. RAS. V. 282).
- Guide book for excursion on the Aldan and Lena rivers. The Siberian Platform. 3rd Int. Sympos. on Cambrian System. Eds. Zhuravlev A.Yu., Repina L.N. Novosibirsk: IGiG SO AN SSSR, 1990. 120 p.
- Hagadorn J.W., Waggoner B.* The Early Cambrian problematic fossil Volborthella: new insights from the basin and range // *Proterozoic–Cambrian of the Great Basin and Beyond.* Ed. Corsetti F.A. SEPM, Pacific Section. 2002. Book 93. P. 135–150.
- Hollingsworth J.S.* The earliest occurrence of trilobites and brachiopods in the Cambrian of Laurentia // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2005. V. 220. P. 153–165.
- Hollingsworth J.S.* Fallotaspoid trilobite assemblage from the Esmeralda Basin (western Nevada, USA.): the oldest trilobites from Laurentia // *Mem. Austral. Assoc. Palaeontol.* 2007. V. 32. P. 123–140.
- Jago J.B., Zang W., Sun X. et al.* A review of the Cambrian biostratigraphy of South Australia // *Palaeoworld.* 2006. V. 15. P. 406–423.
- Jell P.A.* Phylogeny of Early Cambrian trilobites // *Spec. Pap. Paleontol.* 2003. V. 70. P. 45–57.
- Jensen S.* Trace fossils from the Lower Cambrian Mickwitzia sandstone // *Fossil and Strata.* 1997. V. 42. P. 1–111.
- Korovnikov I.V.* Correlation potential FADs of the Triangulaspis annio and Hebediscus attleborensis on the Siberian platform (a possible GSSP for the lower boundary of the Cambrian Stage 4) // *J. Guizhou Univ.* 2012. V. 29. Suppl. 1. P. 169–170.
- Kouchinsky A., Bengtson S., Pavlov V. et al.* Carbon isotope stratigraphy of the Precambrian–Cambrian Sukharikha River section, northwestern Siberian platform // *Geol. Mag.* 2007. V. 144. № 3. P. 1–10.
- Kouchinsky A., Bengtson S., Clausen S. et al.* A middle Cambrian fauna of skeletal fossils from the Kuonamka Formation, northern Siberia // *Alcheringa.* 2011. V. 35. № 1. P. 123–189.
- Kouchinsky A., Bengtson S., Runnegar B. et al.* Chronology of early Cambrian biomineralization // *Geol. Mag.* 2012. V. 149. № 2. P. 221–251.
- Kouchinsky A., Bengtson S., Clausen S., Vendrasco M.J.* An early Cambrian fauna of skeletal fossils from the Emyaksin Formation, northern Siberia // *Acta Palaeontol. Polon.* 2015. V. 60. № 2. P. 421–512.
- Kruse P.D., Zhuravlev A.Yu., Parkhaev P.Yu., Zhu M.* Comment: a new lower Cambrian shelly fossil biostratigraphy for South Australia by Marissa J. Betts, John R. Paterson, James B. Jago, Sarah M. Jacquet, Christian B. Skovsted, Timothy P. Topper & Glenn A. Brock // *Gondwana Res.* 2017. V. 44. P. 258–261.
- Landing E.* Precambrian–Cambrian boundary global stratotype ratified and a new perspective of Cambrian time // *Geology.* 1994. V. 22. P. 179–182.
- Landing E., Bowring S.A., Davidek K.L. et al.* Duration of the Cambrian: U–Pb ages of the volcanic ashes from Avalon and Gondwana // *Canad. J. Earth Sci.* 1998. V. 35. P. 329–338.
- Landing E., Peng S., Babcock L.E. et al.* Global standard names for the Lowermost Cambrian Series and Stage // *Episodes.* 2007. V. 30. № 4. P. 287–289.
- Lazarenko N.P., Gogin I.Y., Pegel T.V., Abaimova G.P.* The Khos–Nelege section of the Ogon’or Formation: a potential candidate for the GSSP of Stage 10, Cambrian System // *Bull. Geosci.* 2011. V. 86. № 3. P. 555–568.
- Lendzion K.* Kambr subholmiowy W północno-wschodniej Polsce // *Kwartalnik Geol.* 1972. T. 16. № 3. P. 557–575.
- Lendzion K.* Fauna of the Mobergella zone in the Polish Lower Cambrian // *Kwartalnik Geol.* 1975. T. 19. № 2. P. 237–244.
- Lendzion K.* Mobergella // *Upper Precambrian and Cambrian Palaeontology of the East European platform.* Eds. Urbanek A., Rozanov A.Yu. Warszawa: Publ. House Wydawnictwa Geol., 1983. P. 121–123.
- Levashova N.M., Meert J.G., Gibsher A.S. et al.* The origin of microcontinents in the Central Asian Orogenic Belt: constraints from paleomagnetism and geochronology // *Precambrian Res.* 2011. V. 185. P. 37–54.
- Li G., Zhao X., Gubanov A. et al.* Early Cambrian Mollusc *Watsonella crosbyi*: A Potential GSSP Index Fossil for the Base of the Cambrian Stage 2 // *Acta Geol. Sin.* 2011. V. 85. № 2. P. 309–319.
- Lieberman B.S.* Systematic Revision of the Olenelloidea (Trilobita, Cambrian) // *Bull. Peabody Museum Nat. Hist.* 1999. V. 45. P. 1–150.
- Liñán E., Gozalo R., Dies Álvarez M. E. et al.* Nuevos trilobites del Ovetiense inferior (Cámbrico Inferior bajo) de Sierra Morena (España) // *Ameghiniana.* 2008. V. 45. № 1. P. 123–138.
- Liñán E., Gamez Vintaned J.A., Gozalo R.* The middle lower Cambrian (Ovetian) *Lunagraulos* n. gen. from Spain and the oldest trilobite records // *Geol. Mag.* 2015. V. 152. № 6. P. 1123–1136.
- Meidla T.* Ediacaran and Cambrian stratigraphy in Estonia: an updated review // *Estonian J. Earth Sci.* 2017. V. 66. № 3. P. 152–160.
- Mens K., Bergström J., Lendzion K.* The Cambrian System on the East European Platform. Correlation chart and explanatory notes // *Int. Union Geol. Sci. Spec. Publ.* 1990. № 25. P. 1–74.
- Moczyłowska M.* Acritarch biostratigraphy of the Lower Cambrian and the Precambrian–Cambrian boundary in southeastern Poland // *Fossils and Strata.* 1991. № 29. P. 1–127.
- Moczyłowska M.* The early Cambrian phytoplankton radiation: acritarch evidence from the Lükati Formation, Estonia // *Palynology.* 2011. V. 35. № 1. P. 103–145.
- Nielsen A.T., Schovsbo N.H.* Cambrian to basal Ordovician lithostratigraphy in southern Scandinavia // *Bull. Geol. Soc. Denmark.* 2007. V. 53. P. 47–92.
- Nielsen A.T., Schovsbo N.H.* The Lower Cambrian of Scandinavia: depositional environment, sequence stratigraphy

- and palaeogeography // *Earth Sci. Rev.* 2011. V. 107. P. 207–310.
- Palmer A.R.* A proposed nomenclature for stages and series for the Cambrian of Laurentia // *Can. J. Earth Sci.* 1998. V. 35. P. 323–328.
- Palmer A.R., Repina L.N.* Through a glass darkly: taxonomy, phylogeny, and biostratigraphy of the Olenellina // *Univ. Kansas Paleontol. Contrib.* 1993. № 3. P. 1–35.
- Palmer A.R., Repina L.N.* Suborder Olenellina // *Treatise on Invertebrate Paleontology. Pt. O. Arthropoda 1. Trilobita.* Rev. V. 1. Introduction, Order Agnostida, Order Redlichia. Lawrence: Univ. Kansas Press, 1997. P. 404–428.
- Palmer A.R., Rowell A.J.* Early Cambrian trilobites from the Shackleton Limestone of the Central Transantarctic mountains // *Mem. Paleontol. Soc.* 1995. V. 45. P. 1–28.
- Parkhaev P.Yu.* On the stratigraphy of *Aldanella attleborensis* – potential index species for defining the base of Cambrian Stage 2 // *Ext. Sum. IGCP Project 591 Field Workshop 2014.* Nanjing: Nanjing Univ. Press, 2014. P. 102–105.
- Parkhaev P.Yu., Karlova G.A., Rozanov A.Yu.* Taxonomy, stratigraphy and biogeography of *Aldanella attleborensis* – a possible candidate for defining the base of Cambrian Stage 2 // *Bull. Museum Northern Arizona.* 2011. № 67. P. 298–300.
- Parkhaev P.Yu., Karlova G.A., Rozanov A.Yu.* Stratigraphic distribution of two potential species for the GSSP of Cambrian Stage 2 – *Aldanella attleborensis* and *Watsonella crosbyi* // *J. Guizhou Univ.* 2012. V. 29. Suppl. 1. P. 179–180.
- Paterson J.R., Brock G.A.* Early Cambrian trilobites from Angorichina, Flinders Ranges, South Australia, with a new assemblage from the Pararaia bunyeroensis Zone // *J. Paleontol.* 2007. V. 81. № 1. P. 116–142.
- Peng J., Sun H., Zhao Y. et al.* Introduction of Cryogenian to Cambrian Taijiangian stratigraphy from Central and Eastern Guizhou // *J. Guizhou Univ.* 2012. V. 29. Suppl. 1. P. 59–65.
- Peng S., Babcock L.E., Zuo J. et al.* Proposed GSSP for the base of Cambrian Stage 7, coinciding with the first appearance of *Lejopyge laevigata*, Hunan, China // *Palaeoworld.* 2006. V. 15. P. 367–383.
- Peng S., Babcock L.E., Cooper R.A.* Chapter 19. The Cambrian Period // *The Geologic Time Scale 2012.* Elsevier, 2012. P. 437–488.
- Peng S., Babcock L.E., Zhu X. et al.* Intraspecific variation and taphonomic alteration in the Cambrian (Furongian) agnostoid *Lotagnostus americanus*: new information from China // *Bull. Geosci.* 2015. V. 90. № 2. P. 281–306.
- Perejon A., Moreno-Eiris E.* Biostratigraphy and paleobiogeography of the archaeocyaths on the southwestern margin of Gondwana // *Z. dt. Ges. Geowiss.* 2006. V. 157. P. 611–627.
- Pillola G.L.* The Lower Cambrian trilobite *Bigotina* and allied genera // *Palaentology.* 1993. V. 36. Pt. 4. P. 855–881.
- Qian Y., Yin G.* Small Shelly Fossils from the Lowermost Cambrian in Guizhou // *Prof. Pap. Stratigr. Palaentol.* 1984. V. 13. P. 91–123.
- Remane J., Bassett M.G., Cowie J.W. et al.* Revised guidelines for the establishment of global chronostratigraphic standards by the International Commission on Stratigraphy (ICS) // *Episodes.* 1996. V. 19. № 3. P. 77–81.
- Rowland S.M., Luchinina V.A., Korovnikov I.V. et al.* Biostratigraphy of the Vendian–Cambrian Sukharikha River section, northwestern Siberian Platform // *Canad. J. Earth Sci.* 1998. V. 35. № 2. P. 339–352.
- Rozanov A.Yu., Debrenne F.* Age of archaeocyathid assemblages // *Am. J. Sci.* 1974. V. 274. P. 833–848.
- Rozanov A.Yu., Zhuravlev A.Yu.* Chapter 7. The Lower Cambrian fossil record of the Soviet Union // *Origin and early evolution of the Metazoa.* Eds. Lipps J.H., Signor P.W. New York: Plenum Press, 1992. P. 205–282.
- Rozanov A.Yu., Parkhaev P.Yu., Shabanov Yu.Ya. et al.* The 13th International Conference of the Cambrian Stage Subdivision Working Group // *Episodes.* 2008. V. 31. № 4. P. 440–441.
- Rozanov A.Yu., Parkhaev P.Yu., Demidenko Yu.E., Skorlotova N.A.* Mobergella radiolata – a possible candidate for defining the base of Cambrian Series 2 and Stage 3 // *Bull. Museum Northern Arizona.* 2011. № 67. P. 304–306.
- Sdzuy K.* The Precambrian–Cambrian boundary beds in Morocco (Preliminary Report) // *Geol. Mag.* 1978. V. 115. № 2. P. 83–94.
- Shergold J.* Explanatory notes for the Cambrian correlation chart // *Treatise on Invertebrate Paleontology. Pt. O. Arthropoda 1. Trilobita.* Revised. Lawrence: Univ. Kansas Press, 1997. P. 303–311.
- Shergold J., Geyer G.* The subcommission on Cambrian stratigraphy: the status quo // *Geol. Acta.* 2003. № 1. P. 5–9.
- Steiner M., Weber B., Geyer G.* The Lower Cambrian of Eastern Yunnan: trilobite-based biostratigraphy and related faunas // *Acta Palaeontol. Sin.* 2001. V. 40. Suppl. P. 63–79.
- Steiner M., Li G., Qian Y. et al.* Neoproterozoic to early Cambrian small shelly fossil assemblages and a revised biostratigraphic correlation of the Yangtze Platform (China) // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2007. V. 254. P. 67–99.
- Sundberg F.A., Geyer G., Kruse P.D. et al.* International correlation of the Cambrian Series 2–3, Stages 4–5 boundary interval // *Mem. Assoc. Austral. Palaentol.* 2016. V. 49. P. 83–124.
- Terfelt F., Eriksson M.E., Ahlberg P., Babcock L.E.* Furongian Series (Cambrian) biostratigraphy of Scandinavia – a revision // *Norw. J. Geol.* 2008. V. 88. P. 73–87.
- Topper T.P., Brock G.A., Skovsted C.B., Paterson J.R.* Shelly fossils from the lower Cambrian Pararaia bunyeroensis Zone, Flinders Ranges, South Australia // *Mem. Assoc. Austral. Palaentol.* 2009. V. 37. P. 199–246.
- Yang A., Zhu M., Zhuravlev A.Yu. et al.* Archaeocyathan zonation of the Yangtze Platform: implications for regional and global correlation of lower Cambrian stages // *Geol. Mag.* 2016. V. 153. № 3. P. 388–409.
- Yochelson E.L., Kisselev G.N.* Early Cambrian *Salterella* and *Volborthella* (Phylum Agmata) re-evaluated // *Lethaia.* 2003. V. 36. P. 8–20.
- Yuan J., Zhu X., Lin J., Zhu M.* Tentative correlation of Cambrian Series 2 between South China and other continents // *Bull. Geosci.* 2011. V. 86. № 3. P. 397–404.
- Wang Y., Yin G., Zheng S., Qian Y.* Stratigraphy of the Boundary Sinian–Cambrian in the Yangzi Area of Guizhou // *The Upper Precambrian and Sinian–Cambrian Boundary in Guizhou.* Guiyang: The Peoples’s Publ. House of Guizhou, 1984. P. 1–36.

Wei S., Fu Y., Liang H. et al. Re–Os geochronology of the Cambrian stage-2 and -3 boundary in Zhijin County, Guizhou Province, China // *Acta Geochim.* 2018. V. 37. № 2. P. 323–333.

Zhang W. World's oldest Cambrian trilobites from eastern Yunnan // *Stratigraphy and Palaeontology of Systemic Boundaries in China. Precambrian–Cambrian Boundary 1.* Nanjing: Nanjing Univ. Publ. House, 1987. P. 1–18.

Zhang W. Cambrian biostratigraphy of China // *Biostratigraphy of China.* Eds. Zhang W., Chen P., Palmer A.R. Beijing: Science Press, 2003. P. 55–119.

Zhang X., Ahlberg P., Babcock L.E. et al. Challenges in defining the base of Cambrian Series 2 and Stage 3 // *Earth-Sci. Rev.* 2017. V. 172. P. 124–139.

Zhu M., Yang A., Yuan J. et al. Cambrian integrative stratigraphy and timescale of China // *Sci. China Earth Sci.* 2018. V. 61. P. 1–36.

Zhuravlev A. Yu. Preliminary suggestions on the global Early Cambrian zonation // *Beringeria.* 1995. Spec. № 2. P. 147–160.

Zhuravlev A. Yu., Gravestock D.I. Archaeocyaths from Yorke Peninsula, South Australia and archaeocyathan Early Cambrian zonation // *Alcheringa.* 1994. V. 18. P. 1–54.

Рецензенты А.Ю. Журавлев,
И.В. Коровников, М.А. Федонкин

Zooproblematica *Mobergella radiolata* as Index Species of the Lower Cambrian Stage Units

P. Yu. Parkhaev^{a, #}, Yu. E. Demidenko^a, and M. A. Kulsha^a

^a*Borissiak Paleontological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

[#]*e-mail: pparkh@paleo.ru*

The problem of the biostratigraphic substantiation of the lower boundaries of the Atdabanian Stage of the General Stratigraphic Scale of Russia and the Stage 3 of the International Chronostratigraphic Chart is discussed. It is believed that the first appearance of trilobites is the main characteristic of these stage units. The difficulties in choose of the correlation level for the lower boundary of the Stage 3 on the base of trilobites are shown. It is explained by the different taxonomic composition of the assemblages of the most ancient representatives of this group of arthropods on different paleocontinents and obvious diachronism of the levels of their first appearance. For these purposes, it is proposed to use the species *Mobergella radiolata* Bengtson, 1968, which geographical distribution is wider than that of any species among the ancient trilobites. It was shown that on the territory of the Siberian Platform in the stratotypical region for the Lower Cambrian stages (the interfluvium of Lena and Aldan rivers) *M. radiolata* appears in sections at the same level as the first Atdabanian archeocytes of the *Retecoscinus zegebarti* Zone do. This allows the use of *M. radiolata* as the index species for the lower boundary of the Atdabanian Stage. Finds of *M. radiolata* in other regions of the Siberian platform (west, north and southeast, interior areas of the platform) make this taxon of microfauna as an extremely valuable tool for biostratigraphy of Lower Cambrian, the correlation potential of which is much higher than that of locally common Early Atdabanian archaeocyathes or trilobites.

Keywords: biostratigraphy, Lower Cambrian, zooproblematica, trilobites, archaeocyathes, International Chronostratigraphic Chart, Stage 3, General Stratigraphic Scale of Russia, Atdabanian Stage