

УДК 551.734 (234.853)

ЛОХКОВСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЗАПАДНОГО СКЛОНА ЮЖНОГО УРАЛА, ИХ РАСЧЛЕНЕНИЕ И ГЛОБАЛЬНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ НА ОСНОВЕ КОНОДОНТОВОЙ ФАУНЫ

Мавринская Татьяна Михайловна¹,
stpal@ufaras.ru

Артюшкова Ольга Викторовна¹,
stpal@ufaras.ru

¹ Уфимский федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Россия, 450077, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 16/2.

Актуальность. На сегодняшний день в числе приоритетных задач в глобальном плане является разработка стандартной конодонтовой шкалы для лохковского и пражского ярусов нижнего девона. В соответствии с этим в различных регионах мира активно ведется изучение конодонтовой фауны в нижнедевонских отложениях.

Цель настоящих исследований – выявление закономерностей распространения конодонтов в лохковских отложениях западного склона Южного Урала для создания региональной конодонтовой шкалы.

Методы. Лохковский ярус в карбонатных разрезах западного склона Южного Урала имеет двухчленное деление, отвечающее региональным подразделениям – сиякскому и шерлубайскому горизонтам. Проведено полевое палеонтологическое изучение разрезов нижнего девона в широтном течении р. Белой, выше д. Миндигулово. Пробы отбирались детально с интервалом 15–20 см. Вес проб составлял 1–2 кг. В лабораторных условиях известняки подвергались дезинтеграции в слабом 5–8 % растворе муравьиной кислоты. Нерастворимый остаток просматривался под бинокулярным микроскопом с целью выявления конодонтов. Выполнялись видовые определения и анализ выделенных конодонтов.

Результаты. Многочисленные конодонты обнаружены в шерлубайском горизонте в разрезе Миндигулово. Они представлены космополитными видами, которые позволили создать региональную биозональную конодонтовую шкалу для западного склона Южного Урала. Выделено семь конодонтовых зон: *L. otomalpha*, *A. transitans*, *L. eleanorae*, *A. trigonicus*, *A. kutscheri*, *Mas. pandora beta*, *Ped. gilberti*. Разработанная конодонтовая шкала эквивалентна другим шкалам при-Гондванских регионов, что дает возможность напрямую выполнять глобальную корреляцию. Полученные в процессе исследований данные позволяют принять точку зрения о трехчленном делении лохковского яруса. В соответствии с этим шерлубайский горизонт равен объему «среднего» и «верхнего» подъярусов.

Ключевые слова:

Южный Урал, биостратиграфия, нижний девон, лохковский ярус, шерлубайский горизонт, конодонтовая зональность, корреляция.

Введение

Нижнедевонские отложения на Южном Урале развиты неравномерно. На восточном склоне их распространение ограничено. Они не образуют представительных разрезов. В основном это отдельные выходы преимущественно эмских отложений [1–4].

На западном склоне Южного Урала они имеют более широкое развитие и представлены практически в полном объеме. Наиболее полные разрезы, на основе которых строилась стратиграфия, находятся в основном в Западно-Зилаирской зоне (рис. 1, Б).

Впервые они были выявлены в XIX столетии Ф.Н. Чернышевым [6]. С 30-х гг. XX столетия начались планомерные региональные геологические работы, в процессе которых выполнялись стратиграфические исследования. Наиболее детальное изучение образований нижнего девона проведено С.Н. Краузе, В.А. Масловым [7], А.П. Тяжевой [8]. На основе монографического изучения брахиопод и кораллов А.П. Тяжевой, Р.А. Жаворонковой, А.А. Гарифуллиной [9] было выполнено биостратиграфическое расчленение нижнедевонских отложений с выделением региональных стратиграфических подразделений. Лохковский ярус разделен на два горизонта – сиякский и шерлубайский (рис. 2). Стратотипы их располагаются

в бассейне р. Иргизлы, левого притока р. Белой. Эти горизонты вошли в Схему стратиграфии девона Урала [10]. В настоящее время ведущую роль в стратиграфических исследованиях играют конодонты. Без малого за 100 лет эта группа доказала свою эффективность при корреляции разнофациальных толщ. На Южном Урале степень изученности девонского разреза по конодонтам не равноценна для разных стратиграфических интервалов. Региональная конодонтовая шкала разработана только для верхнего и частично для среднего девона [11, 12]. Она полностью эквивалентна глобальной конодонтовой зональности [13, 14]. Что касается проблемы биостратиграфического расчленения нижнедевонских отложений западного склона на конодонтовой основе, долгое время сведения о находках конодонтов были разрозненными. Имеющиеся публикации по Южному Уралу касаются отдельных редких данных по конодонтам [15]. Основное внимание уделялось исследованию разрезов пограничного интервала пражского–эмского ярусов. Поскольку горизонты лохковского яруса очень хорошо охарактеризованы брахиоподами и кораллами [9], корреляция по ним с разрезами восточного склона Среднего Урала и другими регионами считалась достаточной.

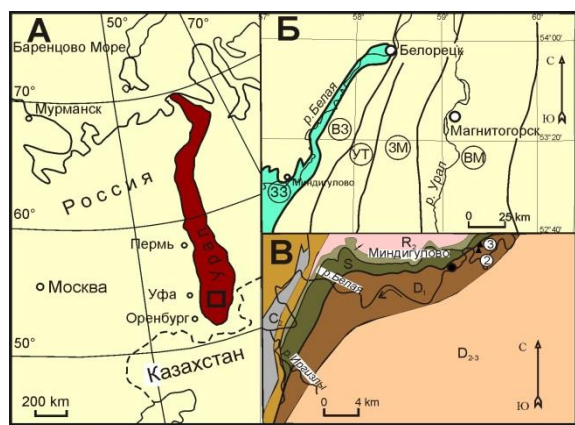


Рис. 1. А) Местоположение района исследований; Б) схема структурно-формационного районирования палеозойских отложений Южного Урала (фрагмент Лесенда, 1998). Структурно-формационные зоны отмечены заглавными буквами в кружках: 33 – Западно-Зилаирская; B3 – Восточно-Зилаирская; UP – Уралтауская; 3М – Западно-Магнитогорская; В) фрагмент геологической карты по материалам В.А. Шефера и др., 2001 (рукоп.) и Ю.Г. Князева и др., 2008 (рукоп.) с расположением изученных обнажений № 2 и 3 в разрезе Миндигулово. Заимствовано из [5]

Fig. 1. А) Location maps of the studied area; Б) scheme of structural zoning of the Urals (fragment from Legend 1998). Structural zones are marked with capital letters in circles: 33 – West-Zilair Zone, B3 – East-Zilair Zone, UP – Uraltau Zone, 3M – West-Magnitogorsk Zone; В) geological map fragment of the area under study according to V.A. Shefer et al. 2001 (unpublished) and Yu.G. Knyazev et al. 2008 (unpublished) with marked location of outcrops no. 2 and 3 in Mindigulovo section. Adopted from [5]

Однако в настоящее время при датировании и расчленении палеозойских отложений, и девонских в особенности, использование конодонтовой фауны является обязательным. В задачах по актуализации схемы стратиграфии девона разработка стандартной конодонтовой шкалы для лохковского и пражского ярусов выступает на передний план. Поэтому изучение конодонтов нижнего девона в различных регионах остается в числе первостепенных вопросов биоистратиграфии. Исследования в этом направлении активно ведутся последние 20 лет на разрезах в Испанских Пиренеях, Карнийских Альпах, Баррандиене, Подолии, Южном Тянь-Шане, Северной Америке в штате Невада.

К истории представлений о конодонтовой зональности лохковского яруса нижнего девона. Стратотип лохковского яруса находится в разрезе Клонк в Баррандиене. Традиционно лохковский ярус подразделялся на два подъяруса. Первая стандартная конодонтовая шкала для лохкова была основана на зональности, разработанной по разрезам Североамериканских Кордильер [16, 17]. В нижнем лохкове были приняты зоны hesperius и eurekaensis. В составе верхнего лохкова выделены зоны delta и pesavis (рис. 2). Однако использование этой шкалы для глобальной корреляции на практике было крайне затруднено по причине

ограничения распространения большинства видов-индексов в конкретных регионах.

В последние десятилетия накоплен большой фактический материал по биоистратиграфии нижнего девона в разных регионах мира. В свете новых данных в шкале нижнего лохкова только вид-индекс одноименной зоны hesperius может рассматриваться как глобальный маркер. Что касается зоны eurekaensis, то ее не принимают во многих регионах, так как зональный таксон имеет ограниченное географическое распространение [18–20]. Предложенная взамен нее зона postwoschmidtii [13] также не имеет глобального значения из-за варьирующего диапазона распространения вида-индекса в разных регионах [18–20]. До настоящего времени создание конодонтовой зональности для нижнего лохкова, позволяющей выполнять межрегиональные корреляции, остается проблемой из-за эндемичности нижнелохковской конодонтовой фауны [17–21].

Иначе обстоит дело с биоистратиграфическим расчленением верхнелохковского подъяруса. В нижней зоне delta верхнего лохкова (по шкале [16, 17]) во многих регионах отмечается радиация конодонтовой фауны. Это очень выразительное событие в лохковском веке. За короткий промежуток времени появляются и развиваются многочисленные виды новых космополитных родов: *Lanea*, *Ancyrodelloides* и *Flajsella*, и уже в следующей зоне pesavis верхнего лохкова (по шкале [16, 17]) вымирают полностью. По этой причине лохковский ярус J.I. Valenzuela-Ríos предложил разделить на три подразделения и перевести часть верхнего лохкова в объем зоны delta в среднелохковский подъярус [22]. По результатам многолетнего изучения конодонтов из разрезов Пиреней и Невады предложено более дробное расчленение отложений верхнелохковского подъяруса. Вместо зоны delta выделены четыре зоны, основанные на первых появлениях видов родов *Lanea* и *Ancyrodelloides* (рис. 2): *L. omoalpha*, *A. transitans*, *L. eleanora* и *A. trigonicus*. Верхнюю зону верхнего лохкова *Ped. pesavis* предложено упразднить вследствие неясности стратиграфического положения вида-индекса *Pedavis pesavis* (Bischoff & Sannemann), так как ранее к этому таксону относились многие другие виды *Pedavis*, в настоящее время имеющие другие названия и уточненный диапазон распространения. Взамен нее выделили две новые зоны – зону *Mas. pandora beta* с зональным видом *Masaraella pandora morphotype beta* (Murphy, Matti & Walliser) и зону *Ped. gilberti* с видом-индексом *Pedavis gilberti* Valenzuela-Ríos [23–25] (рис. 2).

В настоящее время предложение J.I. Valenzuela-Ríos и M.A. Murphy [23] о трехчленном делении лохковского яруса активно обсуждается. Нижний подъярус пока остается в прежнем объеме. Средний подъярус соответствует объему конодонтовых зон *L. omoalpha*, *A. transitans*, *L. eleanora* и *A. trigonicus*, и верхний подъярус – объему зон *Mas. pandora beta* и *Ped. gilberti*. Основание верхнего лохкова определяется по полному исчезновению «среднелохковских» родов *Lanea*, *Ancyrodelloides* и *Flajsella* и появлению зонального вида *Masaraella pandora morphotype beta* (рис. 2).

Подобная зональность, помимо упомянутых Пиреней и Невады, установлена в стратотипической местности лохковского и пражского ярусов в Баррандиене, а также в Карнийских Альпах и в Сардинии (рис. 2) [19, 25–27]. Несмотря на убедительный фактический материал, предложение о разделении лох-

кова на три подъяруса пребывает в стадии обсуждения и официально пока не одобрено Международной девонской подкомиссией. Однако новая конодонтовая зональность и деление лохковского яруса на три подъяруса принимается многими специалистами в качестве конодонтового зонального стандарта.

Ярус	Отдел	Прежняя стандартная конодонтовая шкала (Klapper, 1977)	Новая стандартная конодонтовая шкала (Becker et al. 2012)	Невада и Пиренеи (Murphy & Valenzuela-Rios, 1999)	Пражская синформа (Slavik 2004, Slavik et al. 2012)	Центральные Пиренеи и Пражская синформа (Valenzuela-Rios et al. 2015)	Западный склон Южного Урала		
							Региональные горизонты	Конодонтовые зоны	
Православный		sulcatus	irregularis	irregularis-kindlei	steinachensis beta-brunsvicensis	В данной работе подразделения этого интервала не рассматривались	Куламатский	irregularis	
	Лохковский	pesavis	верхний	gilberti	gilberti-irregularis	gilberti-steinachensis beta	Шерлубайский	gilberti	
				pandora beta	pandora beta-gilberti	pandora beta-gilberti		pandora beta	
		delta	средний	trigonicus	trigonicus-pandora beta	trigonicus-pandora beta		kutscheri-pandora beta	kutscheri
				eleanorae	eleanora-trigonicus	transitans-trigonicus		trigonicus-kutscheri	trigonicus
				transitans	transitans-eleanorae	boucoti-transitans		В данной работе подразделения этого интервала не рассматривались	eleanora
				omoalpha	omoalpha-transitans	carlsi-eoeleanorae			transitans
						omoalpha-carlsi			omoalpha
						breviramus-omoalpha			
						optima-breviramus			
		eurekaensis	нижний	postwoschmidtii	eurekaensis	Сиякский		-----	
		hesperius		hesperius	hesperius-optima			нет зон	

Рис. 2. Сопоставление конодонтовых зональных шкал лохковского и пражского ярусов различных регионов мира со шкалой, разработанной для западного склона Южного Урала. Заимствовано из [5] с дополнениями

Fig. 2. Correlation of the Lochkovian–Prague conodont zonations of different regions of the world with that developed for the western slope of the South Urals. Adopted from [5] with additions

В лаборатории стратиграфии палеозоя ИГ УФИЦ РАН целенаправленное изучение конодонтов из отложений нижнего девона началось в 2010 г. Объектами наших исследований были стратотипические разрезы сиякского и шерлубайского горизонтов лохковского яруса и куламатского горизонта пражского яруса нижнего девона, а также разрезы, расположенные в широтном течении р. Белая. Пробы по разрезам отбирались с интервалом 15–20 см, из массивных органогенных известняков через 1–3 м. Вес проб составлял 1–2 кг. В лабораторных условиях известняки подвергались дезинтеграции в 5–8 % растворе муравьиной кислоты. Нерастворимый остаток просматривали под бинокулярным микроскопом.

Нашими исследованиями установлено, что типовые разрезы региональных стратонтов по рр. Иргизлы и Сияк, представленные массивными рифогенными известняками, неблагоприятны для решения поставленных задач. В них встречаются очень редкие неинформативные конодонты. Большой интерес представляют разрезы слоистых известняков, расположенные в широтном течении р. Белой.

Наиболее значимый на сегодняшний день разрез с конодонтами нижнего девона выявлен на правом берегу р. Белой выше д. Миндигулово. Разрез представляет собой несколько разноудаленных изолированных обнажений. Отложения сиякского горизонта пока достоверно не установлены. Конодонты были обнаружены в обнажениях № 2 и 3 шерлубайского и куламатского горизонтов.

Данная работа фокусируется на конодонтовой характеристике шерлубайского горизонта лохковского яруса и пограничных лохковского/пражских отложений (шерлубайский/куламатский горизонты) в разрезе у д. Миндигулово. Здесь в процессе исследований установлена конодонтовая последовательность, которая обеспечивает отличную основу для детального расчленения данных образований и достоверной региональной и глобальной корреляции. Первые результаты изучения лохковских отложений Южного Урала были опубликованы в [5, 28]. В. Mottequin, L. Slavik, P. Königshof [29. С. 371] было отмечено поразительное сходство южноуральского материала с

данными по конодонтам лохковского яруса в европейских и североамериканских регионах. Подчеркнута важность проведенных исследований как вклад в изучение конодонтовой фауны в лохковских и пограничных лохковско-пражских отложениях и создание стандартной конодонтовой зональности для лохковского яруса

**Описание лохковских отложений
в разрезе Миндигулово**

Разрез представляет собой несколько разрозненных скальных выходов карбонатных пород, расположенных в крутой петлевидной излучине р. Белой на

ее правом берегу в 1,5 и в 3,0 км выше деревни. В лохковской последовательности в разрезе Миндигулово с уверенностью установлены образования шерлубайского горизонта, вскрытые в скальных обнажениях № 2 (обнажения разреза Миндигулово с номерами 2 и 3 приведены в публикации Т.М. Мавринская, О.В. Артюшкова [28]) и № 3 в 3 км выше по течению от д. Миндигулово (рис. 1, В).

Обнажение № 2 – находится в основании склона правого берега р. Белой у уреза воды (рис. 3).

В его нижней части (8,0 м мощности) отмечается практически ненарушенное залегание пород (рис. 4).



Рис. 3. Общий вид разреза Миндигулово в 3 км выше деревни. Выходы отложений лохковского яруса (шерлубайский горизонт) в обнажении № 2 и пограничного лохковско-пражского интервала (шерлубайский / куламатский горизонты) – обнажение № 3

Fig. 3. General view of Mindigulovo section on the right bank of the Belaya River 3 km upstream the village. Outcrops of the Lochkovian stage: no. 2 – Sherlubay Horizon and Lochkovian-Pragian boundary interval (Sherlubay and Kulamat Horizons) – no. 3



Рис. 4. Разрез отложений шерлубайского горизонта. Обнажение № 2

Fig. 4. Mindigulovo section. Outcrop no. 2 in lower part of the slope

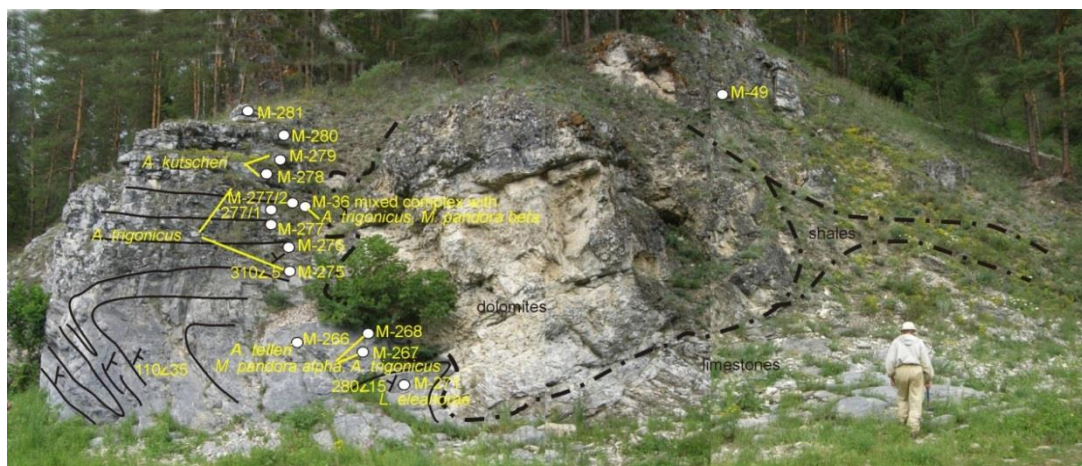


Рис. 5. Разрез Миндигулово. Верхняя часть обнажения № 2. Рисунок заимствован из [28]

Fig. 5. Mindigulovo section. Upper part of the outcrop no. 2. The figure was adopted from [28]

В верхней части выхода породы дислоцированы. Они смяты в различные складки, осложнены мелкими тектоническими нарушениями (рис. 5). Поэтому мощность этой части обнажения дана в грубом приближении и оценивается примерно 11–12 м.

Последовательность напластования установлена по фауне конодонтов.

В обнажении снизу вверх вскрыты:

1. Черные глинистые известняки с прослоями глинистых сланцев с остатками телодонтов, tentaкулитов, рыб, конодонтов, мощностью 2 м. Конодонты многочисленные, в интервале 0,0–1,2 м встречены *Lanea omoalpha* Murphy & Valenzuela-Rios, *Flajsella schulzey* (Bardashev) (рис. 6), позволяющие определить стратиграфическое положение вмещающих пород как лохковский ярус, конодонтовая зона *L. omoalpha*. В вышележащих 0,8 м (начиная с обр. М-448) в конодонтовых ассоциациях появляется *Ancyrodelloides transitans* (Bischoff & Sannemann), зональный вид следующей одноименной зоны «среднего» лохкова (рис. 6).
2. Переслаивание серых микрокомковатых известняков и известняков светло-серых, почти белых, афанитовых. Мощность пачки 6 м. В данном интервале выявлены конодонты *Ancyrodelloides transitans* (Bischoff & Sannemann), *Lanea eleanora* (Lane & Ormiston), *Lanea omoalpha* Murphy & Valenzuela-Rios, *Flajsella schulzey* (Bardashev), *F. stygia* (Flajs). На основании присутствия вида *Lanea eleanora* пачка соотнесена с зоной *L. eleanora* «среднего» лохкова (рис. 6).
3. Темно-серые тонкоплитчатые известняки с прослоями глинистых сланцев мощностью около 8 м. Породы осложнены различными пликативными и мелкими дизъюнктивными нарушениями. Здесь обнаружены обильные конодонты *Ancyrodelloides trigonicus* (Bischoff & Sannemann), *Lanea telleri* (Schulze), *Masaraella pandora* morphotype *alpha* (Murphy, Matti & Walliser), определяющие возраст данной пачки как «средний» лохков, зона *A. trigonicus*. В двух метрах ниже кровли этой пачки (обр. М-278, М-279, М-36) в комплексах

появляется *Ancyrodelloides kutscheri* (Bischoff & Sannemann), на основании которого мы соотносим эту часть интервала с зоной *A. kutscheri* «среднего» лохкова.

4. Светло-серые доломитизированные известняки плотные со стилолитовыми швами, раскливажированные, с прослоями органогенных известняков. Мощность 3 м. В них найдены конодонты: *Masaraella* cf. *pandora* morphotype *beta* (Murphy, Matti & Walliser) (рис. 9, фиг. 16, 17), вид-индекс нижней конодонтовой зоны «верхнего» лохкова *Mas. pandora* *beta*, *Caudicriodus angustoides alcoleae* (Carls), *Pandorinellina exigua philipi* (Klapper) (рис. 6).

В обнажении № 3, находящемся гипсометрически выше в мощном скальном выходе, вскрыты пограничные отложения лохковского и пражского ярусов нижнего девона (шерлубайского и куламатского горизонтов) (рис. 7). Отложения шерлубайского горизонта обнажены в нижней части скалы.

Они представлены глинистыми темно-серыми биокластовыми известняками. В комплексах конодонтов из этого интервала присутствуют *Caudicriodus* cf. *angustoides alcoleae* (Carls), *Masaraella pandora* cf. morphotype *zeta* (Murphy, Matti & Walliser), *Pandorinellina exigua philipi* (Klapper), *Pedavis gilberti* Valenzuela-Rios. *Ped. gilberti* – зональный вид зоны *gilberti*, верхней зоны «верхнего» лохкова.

Плоскость кровли верхнедохковских известняков напоминает поверхность твердого дна: неровная, покрыта лимонитизированной глинистой коркой, с многочисленными остатками хорошо препарированной раковинной и криноидной фауны с преобладанием последней. В нерастворимом остатке присутствуют лимонит и гематит. В образце М-40а, взятом в кровле этих известняков, обнаружен вид *Eognathodus irregularis* Druce, являющийся видом-индексом нижней зоны пражского яруса [13, 30].

На известняках лежит линзовидный слой глинистых сланцев протяженностью 7 м (рис. 8), смятых в мелкие дисгармоничные складки. В основании линзы сланцы раздроблены до трухи и имеют зеленоватый

оттенек. Сланцы сильно ожежены. Вверх по разрезу цвет сланцев меняется на черный. Внутри сланцев, в 0,05 м выше их подошвы, наблюдаются стяжения известняков размером 0,15–0,20×0,5 м, в которых встречены верхнедохковские конодонты *Caudicriodus* cf. *angustoides alcoleae* (Carls), *Pedavis* aff. *gilberti* Valenzuela-Rios. Мощность линзы 0,5–0,7 м.

Непосредственно над черными сланцами лежит слой темно-серых плитчатых известняков мощностью 0,4 м с одиночными конодонтами *Eognathodus* sp., *Pandorinellina miae* (Bultynck), *Pand.* cf. *optima postoptima* Farrell (образец 02456), характерными для нижней части пражского яруса (рис. 6).

Появление *Eognathodus irregularis* в образце М-40а с учетом находок ряда морфотипов вида *Masaraella pandora* в подстилающих слоях (образцы 02440–02451) дают нам возможность провести лохковско-пражскую биостратиграфическую границу на этом уровне.

Выше по разрезу залегает мощная толща светло-серых доломитизированных известняков средне- и толстослоистых, с редкими остатками раковинной и криноидной фауны, часто перекристаллизованной. А.П. Тяжовой и др. [9] они были отнесены к куламатскому горизонту на основании находок брахиопод *Ivdelinia lahusei* (Tschernychev). В целом толща доломитизированных известняков хорошо обнажена в отдельных скальных уступах мощностью не менее 30 м. Конодонты редкие, комплексы бедные, состоящие из 2–4 видов, часто монотаксонные, содержащие только *Pandorinellina miae* (Bultynck). В отдельных образцах встречены раннепражские комплексы конодонтов: *Pandorinellina exigua philipi* (Klapper), *Pand.* cf. *optima postoptima* Farrell, *Eognathodus* cf. *irregularis* Murphy, *Caudicriodus steinachensis* (Al-Rawi) morphotype *eta* Klapper & Johnson, *Pelekygnathus* cf. *serratus brunsviensis* Valenzuela-Rios, *Pel.* cf. *serratus serratus* Jentzsch.

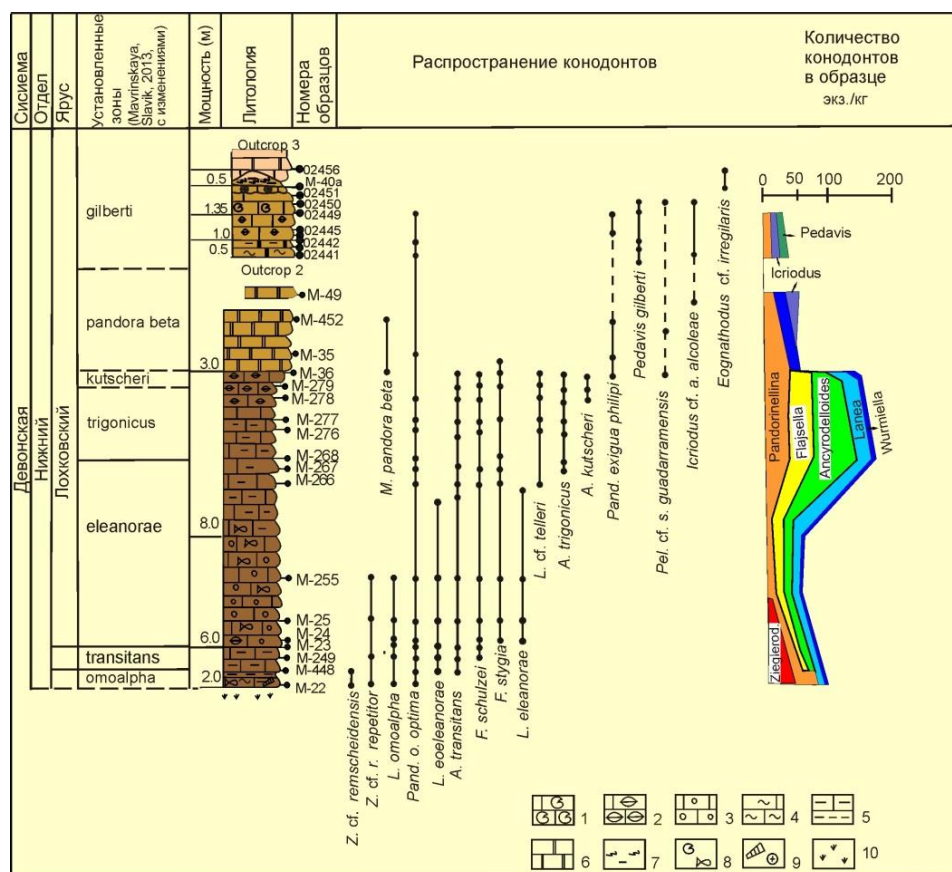


Рис. 6. Распространение конодонтов в разрезе Миндигулово в обнажениях № 2 и 3. Условные обозначения: 1 – органогенные известняки, 2 – биокластические известняки, 3 – микрокомковатые известняки, 4 – битуминозные известняки, 5 – глинистые известняки с прослоями глинистого сланца, 6 – доломиты, 7 – плитчатые глинистые сланцы, 8 – брахиоподы и рыбы, 9 – тентакулиты и криноидеи, 10 – задернованный интервал. Сокращения: A. – Ancyrodelloides, Am. – Amydrotaxis, E. – Eognathodus, F. – Flajsella, Icr. – Icriodus, L. – Lanea, Mas. – Masaraella, Pand. – Pandorinellina, Ped. – Pedavis, Pel. – Pelekygnathus, Z. – Zieglerodina. Рисунок заимствован из [28], с изменениями и дополнениями

Fig. 6. Distribution of conodonts in Mindigulovo section in outcrop no. 2, 3. Legend: 1 – organogenic limestones, 2 – organogenic-detrital limestones, 3 – nodular limestones, 4 – bituminous limestones, 5 – clay limestone with interbeds of clay shale, 6 – dolomites, 7 – grass-covered interval, 8 – brachiopods and fish remains, 9 – tentaculites and crinoids, 10 – grass covered interval. Abbreviations: A. – Ancyrodelloides, Am. – Amydrotaxis, E. – Eognathodus, F. – Flajsella, Icr. – Icriodus, L. – Lanea, Mas. – Masaraella, Pand. – Pandorinellina, Ped. – Pedavis, Pel. – Pelekygnathus, Z. – Zieglerodina. The figure was adopted from [28] with changes and additions



Рис. 7. Обнажение № 3. Пограничные лохковско-пражские отложения (шерлубайский/куламатский горизонты)

Fig. 7. Outcrop № 3. Lochkovian–Pragian boundary deposits (Sherlubay/Kulamat Horizons)



Рис. 8. Линзовидный слой глинистых сланцев в основании доломитизированных известняков куламатского горизонта

Fig. 8. Lenticular layer of shales at the base of dolomitized limestones of the Kulamat Horizon

Таким образом, впервые были получены конодонтовые характеристики шерлубайского горизонта лохковского яруса и охарактеризована конодонтами нижняя граница пражского яруса.

Биозональное расчленение лохковских отложений по конодонтовой фауне на примере разреза Миндигулово

Количество конодонтовых элементов в образованиях шерлубайского горизонта лохковского яруса в разрезе Миндигулово и их разнообразие изменчиво. Выделяются два интервала с существенно различающимися конодонтовыми ассоциациями. Наибольшее видовое разнообразие и обилие конодонтов установ-

лены в более глубоководных тонкослоистых мелкозернистых глинистых известняках в нижней части шерлубайского горизонта. Здесь отмечается таксономическая дивергенция. Появляются и развиваются таксоны новых родов: *Lanea*, *Ancyrodelloides* и *Flajsella*. Количество конодонтов достигает 200 экземпляров на 1 кг породы. В серых плотных известняках верхней части шерлубайского горизонта отмечается значительное сокращение количества и видового разнообразия конодонтов. В них полностью исчезают глубоководные роды: *Lanea*, *Ancyrodelloides*, *Flajsella*. Им на смену приходят таксоны семейства Icriodontidae, характерные для мелководных фаций. Количество конодонтов сокращается до 10–40 экз. на 1 кг породы.

В нижней части шерлубайского горизонта установлены пять конодонтовых зон:

1. Зона *L. omoalpha* (рис. 6). Нижняя граница зоны не установлена, потому что подстилающие породы не вскрыты. Зона выделена по наличию в конодонтовых ассоциациях вида-индекса *Lanea omoalpha* Murphy & Valenzuela-Rios (рис. 9, фиг. 1, 2). Также здесь выявлены *Pandorinellina optima optima* (Moskalenko), *Zieglerodina remscheidensis remscheidensis* (Ziegler), *Z. remscheidensis repetitor* (Carls & Gandl), переходные формы *Z. remscheidensis remscheidensis* (Ziegler) → *Masaraella pandora* (Murphy, Matti & Walliser). Вид-индекс составляет не более 10 % от всего количества таксонов в комплексе.
2. Зона *A. transitans* (рис. 6). Нижняя граница определяется по появлению вида-индекса *Ancyrodelloides transitans* (Bischoff & Sannemann) (рис. 9, фиг. 3, 4) верхняя – по появлению *Lanea eleanorae* (Lane & Ormiston). Помимо зонального вида, в выделенных комплексах содержатся *Ancyrodelloides asymmetricus* (Bischoff & Sannemann), *Flajsella schulzey* (Bardashev), *Kimognathus* cf. *delta* (Klapper & Murphy), *Kimognathus* sp., *Lanea eoel-eleanorae* Murphy & Valenzuela-Rios, *L. omoalpha* Murphy & Valenzuela-Rios, *Pandorinellina optima optima* (Moskalenko), *Zieglerodina remscheidensis repetitor* (Carls & Gandl).
3. Зона *L. eleanorae* (рис. 6). Нижняя граница установлена по появлению вида-индекса этой зоны *Lanea eleanorae* (Lane & Ormiston) (рис. 9, фиг. 7, 8). В этом интервале появляется *Flajsella stygia* (Flajs), а также присутствуют транзитные виды из нижележащих слоев. Вид-индекс исчисляется единичными экземплярами.
4. Зона *A. trigonicus* (рис. 6). Нижняя граница зоны определена по появлению вида *Ancyrodelloides trigonicus* Bischoff & Sannemann (рис. 9, фиг. 9, 10). Конодонты обильные. Кроме вида-индекса в комплекс входят *A. cruzae* Valenzuela-Rios, *A. orcula* Wilson, *A. transitans* (Bischoff & Sannemann), *Flajsella stygia* (Flajs), *F. schulzey* (Bardashev), *Lanea telleri* (Schulze), *Masaraella pandora* morphotype *alpha* (Murphy, Matti & Walliser), *Pandorinellina optima optima* (Moskalenko). Вид-индекс составляет до 50 % от общего количества таксонов в комплексе.

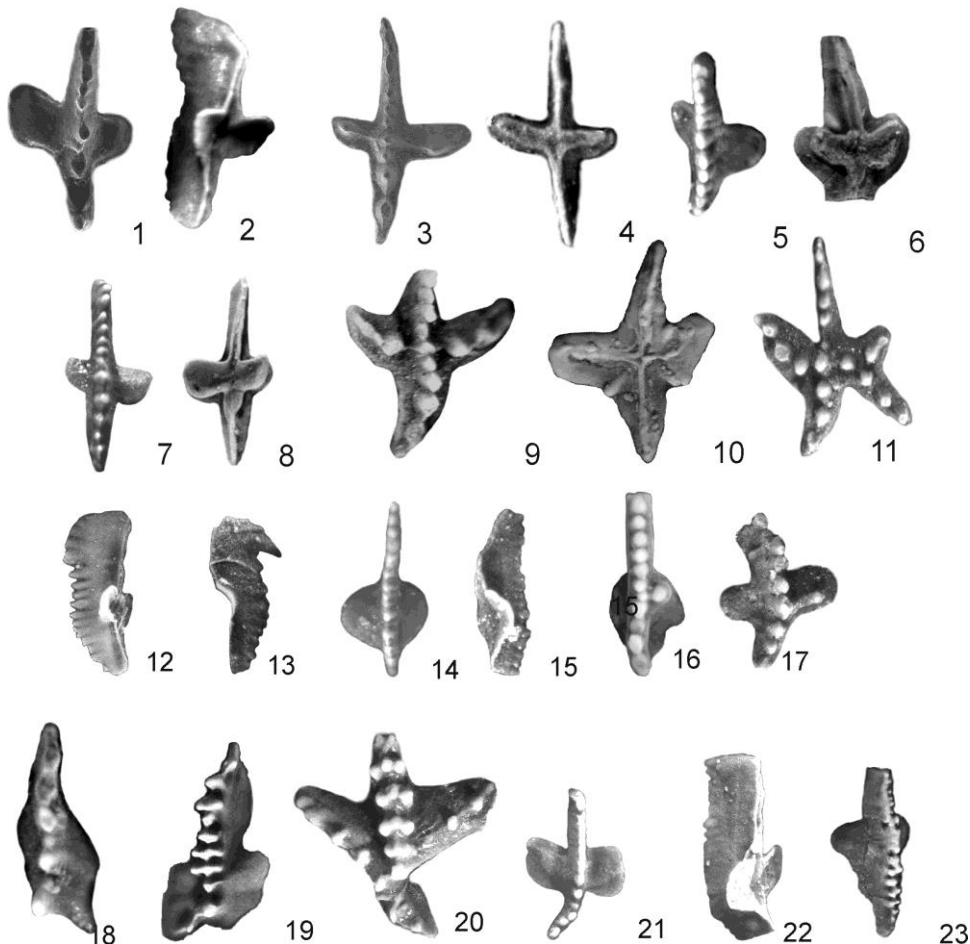


Рис. 9. Виды лохковских конодонтов из разреза Миндигулово. Все фигуры имеют увеличение $\times 32$. 1, 2 – *Lanea otoalpha* Murphy & Valenzuela-Rios, 1999: 1 – вид сверху, Pa-элемент, 2 – вид снизу, Pa-элемент, обр. M-28; 3, 4 – *Ancyrodelloides transitans* (Bischoff & Sannemann), 1958: 3 – вид сверху, Pa-элемент, 4 – вид снизу, Pa-элемент, обр. M-448; 5, 6 – *Lanea eleanorae* (Lane & Ormiston, 1979): 5 – вид сверху, Pa-элемент, 6 – вид снизу, Pa-элемент, обр. M-25; 7, 8 – *Lanea eoeleanorae* Murphy & Valenzuela-Rios, 1999: 7 – вид сверху, Pa-элемент, 8 – вид снизу, Pa-элемент, обр. M-28; 9, 10 – *Ancyrodelloides trigonicus* Bischoff & Sannemann, 1958: 9 – вид сверху, Pa-элемент, 10 – вид снизу, Pa-элемент, обр. M-268; 11 – *Ancyrodelloides kutscheri* Bischoff & Sannemann, 1958, вид сверху, Pa-элемент, обр. M-278; 12 – *Pandorinellina optima* (Moskalenko, 1966), вид сбоку, Pa-элемент, обр. 17-7; 13 – *Pandorinellina exigua philipi* (Klapper, 1969), вид сбоку, Pa-элемент, обр. M-49; 14, 15 – *Masaraella pandora* morphotype alpha (Murphy, Matti & Wallizer, 1981): 14 – вид сверху, Pa-элемент, 15 – вид сбоку, Pa-элемент, обр. M-268; 16, 17 – *Masaraella pandora* morphotype beta (Murphy, Matti & Wallizer, 1981): 16 – вид сверху, Pa-элемент, обр. M-36, 17 – вид сверху, Pa-элемент, обр. M-452; 18 – *Pelekysgnathus cf. guardarramensis* Valenzuela-Rios, 1994, вид сверху, обр. M-49; 19 – *Icriodus cf. angustoides alcoleae* Carls, 1969, вид сверху, I-элемент, обр. M-49; 20 – *Pedavis gilberti* Valenzuela-Rios, 1990, вид сверху, I-элемент, обр. 02441; 21, 22 – *Masaraella pandora* morphotype zeta (Murphy, Matti & Wallizer, 1981): 21 – вид сверху, Pa-элемент, обр. 02441, 22 – вид сбоку, Pa-элемент, обр. 02441; 23 – *Eognathodus cf. irregularis* Druce, 1971, вид сверху, Pa-элемент, обр. 02456

Fig. 9. Selected specimens of Lochkovian conodonts from the Mindigulovo section. All figures $\times 32$. 1, 2 – *Lanea otoalpha* Murphy & Valenzuela-Rios, 1999: 1 – upper view, Pa-element, 2 – lower view, Pa-element, sample M-28; 3, 4 – *Ancyrodelloides transitans* (Bischoff & Sannemann), 1958: 3 – upper view, Pa-element, 4 – lower view, Pa-element, sample 448; 5, 6 – *Lanea eleanorae* (Lane & Ormiston, 1979): 5 – upper view, Pa-element, 6 – lower view, Pa-element, sample M-25; 7, 8 – *Lanea eoeleanorae* Murphy & Valenzuela-Rios, 1999: 7 – upper view, Pa-element, 8 – lower view, Pa-element, sample M-28; 9, 10 – *Ancyrodelloides trigonicus* Bischoff & Sannemann, 1958: 9 – upper view, Pa-element, 10 – lower view, Pa-element, sample M-268; 11 – *Ancyrodelloides kutscheri* Bischoff & Sannemann, 1958, upper view, Pa-element, sample M-278; 12 – *Pandorinellina optima* (Moskalenko, 1966), lateral view, Pa-element, sample 17-7; 13 – *Pandorinellina exigua philipi* (Klapper, 1969), lateral view, Pa-element, sample M-49; 14, 15 – *Masaraella pandora* morphotype alpha (Murphy, Matti & Wallizer, 1981): 14 – upper view, Pa-element, 15 – lateral view, Pa-element, sample M-268; 16, 17 – *Masaraella pandora* morphotype beta (Murphy, Matti & Wallizer, 1981): 16 – upper view, Pa-element, sample M-36, 17 – upper view, Pa-element, sample M-452; 18 – *Pelekysgnathus cf. guardarramensis* Valenzuela-Rios, 1994, upper view, sample M-49; 19 – *Icriodus cf. angustoides alcoleae* Carls, 1969, upper view, I-element, sample M-49; 20 – *Pedavis gilberti* Valenzuela-Rios, 1990, upper view, I-element, sample 02441; 21, 22 *Masaraella pandora* morphotype zeta (Murphy, Matti & Wallizer, 1981), 21 – upper view, Pa-element, sample 02441, 22 – lateral view, Pa-element, sample 02441; 23 – *Eognathodus cf. irregularis* Druce, 1971, upper view, Pa-element, sample 02456

5. Зона *A. kutscheri* (рис. 6). Нижняя граница зоны устанавливается по появлению вида-индекса *Ancyrodelloides kutscheri* Bischoff & Sannemann (рис. 9, фиг. 11), верхняя – по появлению *Masaraella pandora morphotype beta* (Murphy, Matti & Walliser). В ассоциациях конодонтов присутствуют также *A. transitans* (Bischoff & Sannemann), *A. trigonicus* Bischoff & Sannemann, *Flajsella stygia* (Flajs), *F. schulzey* (Bardashev). В кровле интервала встречены «Ozarkodina» aff. *paucidentata* (Murphy & Matti), *Pelekysgnathus quadarramensis* Valenzuela-Rios, *Flajsella steptostygia* Valenzuela-Rios & Murphy.

При расчленении шерлубайского горизонта для его нижней части использована последовательность конодонтов, установленная на основе эволюционного развития линий *Lanea* и *Ancyrodelloides*. Биохронологическая интерпретация распространения этих таксонов полностью соответствует глобальной конодонтовой зональности [13] (рис. 2).

В филогенетической последовательности видов родов *Lanea* и *Ancyrodelloides* отмечается общая тенденция к увеличению платформенных лопастей и сужению базальной полости в Ра-элементах у каждого последующего вида [30, 31] (рис. 10).

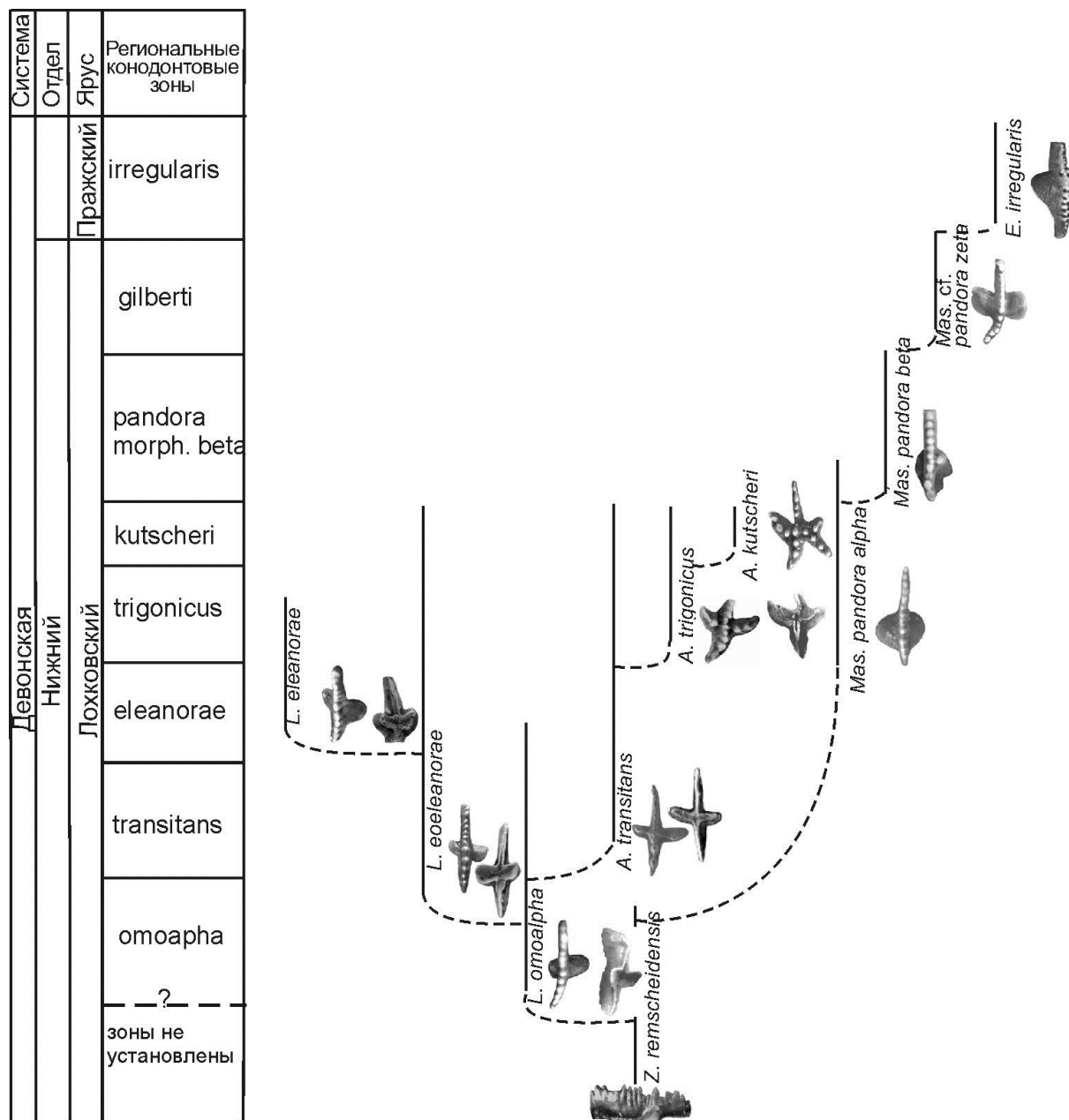


Рис. 10. Филогенетическая последовательность таксонов *Ancyrodelloides*, *Lanea*, *Masaraella* (в соответствии со схемами эволюции [24, 29, 32]). Пример сокращений – на рис. 6. Рисунок заимствован из [28] с изменениями

Fig. 10. Phylogenetic sequence of *Ancyrodelloides*, *Lanea*, *Masaraella* taxa (in accordance with the schemes of evolution [24, 29, 32]). Explanations of the abbreviations are given in Fig. 6. Figure was adopted from [28] with changes

В верхней части шерлубайского горизонта после тотального исчезновения большинства стратиграфически значимых родов *Lanea*, *Ancyrodelloides*, *Flajssella* отмечается практически полное обновление конодонтового комплекса. Здесь выделены следующие зоны:

1. Зона *Mas. pandora* morphotype beta (рис. 6). Вид-индекс *Masaraella pandora* morphotype beta (Murphy, Matti & Walliser) (рис. 9 фиг. 16, 17) встречен в одной пробе (обр. М-452). Характерными таксонами в составе комплексов в данном интервале являются *Amydrotaxis* cf. *johnsoni* (Klapper), *Caudicriodus angustoides alcoleae* (Carls), *Masaraella* cf. *pandora* morphotype pi (Murphy & Matti), *Pandorinellina exigua philipi* (Klapper), *Pand. kylieae* Farrell, *Pand. optima optima* (Moskalenko), *Pand. cf. optima postoptima* (Farrell).
2. Зона *Ped. gilberti* (рис. 6), завершающая собой лохковский ярус, выделяется в обнажении № 3 в верхах шерлубайского горизонта. Определяется по присутствию в конодонтовых комплексах зонального вида *Pedavis gilberti* Valenzuela-Rios (рис. 9, фиг. 20). Положение нижней границы не установлено, так как между обнажениями № 2 и 3 закрытый интервал. Верхняя граница устанавливается по появлению *Eognathodus irregularis* Murphy, зонального вида нижней пограничной зоны пражского яруса. В конодонтовую ассоциацию помимо вида-индекса входят: *Caudicriodus* cf. *angustoides alcoleae* (Carls), *Icr. cf. postwoschmidt* Mashkova, *Masaraella pandora* morphotype pi (Murphy & Matti), *Mas. pandora* cf. morphotype zeta (Murphy, Matti & Walliser), *Pandorinellina exigua philipi* (Klapper), *Pedavis robertoi* Valenzuela-Rios, *Wurmiella excavata* (Branson & Mehl), *W. tuma* (Murphy & Matti).

Собранный нами палеонтологический материал в разрезе Миндигулово убедительно доказывает и поддерживает идею о трехчленном делении лохковского яруса. Нижней границей «верхнего» лохкова в соответствии с конодонтовой зональностью является основание зоны *Mas. pandora* morphotype beta. Стратиграфический объем шерлубайского горизонта, таким образом, должен будет соответствовать двум подъярусам лохковского яруса – «среднему» и «верхнему».

Очень важным фактом является наличие в Миндигуловском разрезе биостратиграфического критерия для определения нижней границы пражского яруса. Распространение в позднем лохкове морфотипов *Masaraella pandora* (рис. 10) рассматривается в каче-

стве начальной стадии развития *eognathodid* [32]. Появление *Eognathodus irregularis* интерпретируется как начало последовательности развития видов пражского рода *Eognathodus* [31, 32]. Разрез Миндигулово один из немногих разрезов, где наблюдается филолиния *Masaraella pandora*–*Eognathodus* (рис. 10), подобная разрезам штата Невада [32] и Тянь-Шаня [33, 34].

Заключение

Итогом проведенных исследований является биозональное расчленение на конодонтовые зоны шерлубайского горизонта лохковского яруса западного склона Южного Урала на примере разреза Миндигулово.

Разработанная конодонтовая шкала эквивалентна другим шкалам при-Гондванских регионов, с которыми может сопоставляться напрямую. Она ляжет в основу региональной схемы стратиграфии западного склона Южного Урала.

Полученные в процессе исследований данные позволяют принять точку зрения [22, 23] о трехчленном делении лохковского яруса. В соответствии с этим шерлубайский горизонт должен включать «средний» и «верхний» лохков.

Нижняя часть шерлубайского горизонта по конодонтам соответствует «среднему» лохкову, который расчленяется на пять биозон: *L. omoalpha*, *A. transitans*, *L. eleanora*, *A. trigonicus*, *A. kutscheri*.

В верхней части шерлубайского горизонта («верхний» лохков) отмечаются значительные биофациальные изменения, проявляющиеся в исчезновении глубоководной фауны и существенном таксономическом обеднении. Постепенное распространение фауны *icriodontid* становится решающим. В «верхнем» лохкове выделены две конодонтовые зоны: *Mas. pandora* beta и *Ped. gilberti*.

Установлена биостратиграфическая нижняя граница пражского яруса на основе филолинии *Masaraella pandora* – *Eognathodus irregularis*. Граница имеет литологический контроль, обозначенный сменой тонкослоистых биокластовых известняков средне- и толстослоистыми доломитизированными известняками. Сама граница проявлена черными глинистыми сланцами.

Авторы выражают благодарность рецензенту за внимательное рассмотрение и положительную оценку рукописи.

Исследования выполнены по теме государственного задания № 0246-2019-0118.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маслов В.А., Артюшкова О.В. Стратиграфия корреляция девонских отложений магнитогорской мегазоны Южного Урала. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. – 288 с.
2. Зайнуллин Р.И. Обстановки седиментации лохков-нижнеэвмских вулканокластических отложений Западно-Магнитогорской зоны Южного Урала // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329. – № 12. – С. 104–113.
3. Фазлиахметов А.М. Геохимические особенности и условия образования раннедевонских кремнисто-глинистых сланцев

разреза Ишкильдино и подстилающих их базальтов (восточный склон Южного Урала) // Литосфера. – 2019. – Т. 19. – № 1. – С. 30–47.

4. Фазлиахметов А.М. Литогеохимические особенности и условия формирования силурийско-раннедевонских вулканокластических песчаников разреза у деревни Мансурово (Западно-Магнитогорская зона, Южный Урал) // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2019. – Т. 30. – № 1 (93). – С. 49–58.
5. Mavrinskaya T.M., Slavik L. Correlation of Early Devonian (Lochkovian–early Pragian) conodont faunas of the South Urals (Russia) // Bulletin of Geosciences. – 2013. – V. 88. – № 2. – P. 283–296.

6. Чернышев Ф.Н. Общая геологическая карта России. Лист 139. Описание центральной части Урала и западного его склона. – Труды Геолкома. – 1889. – Т. 3. – № 4. – 393 с.
7. Краузе С.Н., Маслов В.А. Ордовик, силур и нижний девон западного склона Башкирского Урала. – Уфа: Башкирский филиал АН СССР, 1961. – 94 с.
8. Тяжева А.П. Стратиграфия девонских отложений западного склона Южного Урала // Девонские отложения Башкирии. Ч. 1. Стратиграфия / под ред. А.И. Олли. – М.: АН СССР, 1961. – С. 5–130.
9. Тяжева А.П., Жаворонкова Р.А., Гарифуллина А.А. Кораллы и брахиоподы нижнего девона Южного Урала. – М.: Наука, 1976. – 223 с.
10. Субрегиональные стратиграфические схемы девона западного склона Урала (докембрий, палеозой) // Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). / под ред. Н.Я. Анцыгина, Б.А. Попова, Б.И. Чувашова. – Екатеринбург, 1993.
11. Барышев В.Н., Абрамова А.Н. Зональное расчленение верхнедевонских отложений западного склона Южного Урала по конодонтам // Ежегодник-1995. Информационные материалы. – Уфа: УНЦ РАН, 1996. – С. 26–30.
12. Маслов В.А., Абрамова А.Н., Барышев В.Н. Новые данные о распространении конодентов в среднедевонских отложениях западного склона Южного Урала // Стратиграфия и литология верхнего докембрия и палеозоя Южного Урала и Предуралья / под ред. М.А. Гаррис. – Уфа: Башкирский филиал АН СССР, 1983. – С. 58–63.
13. Becker R.T., Gradstein F.M., Hammer O. Devonian Period // Geologic Time Scale / Eds. by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, M.D. Schmitz, G.M. Ogg. – Amsterdam: Elsevier, 2012. – V. 1. – Ch. 20. – P. 525–558.
14. Becker R.T., Königshof P., Brett C.E. Devonian climate, sea level and evolutionary events: an introduction. Geological Society, Special Publications, 2016. – V. 423. URL: <http://sp.lyellcollection.org> (дата обращения 27.11.2018).
15. Стратиграфия нижнего и среднего девона западного склона Южного Урала / В.А. Маслов, Е.В. Чибрикова, А.Н. Абрамова, В.Н. Барышев, Р.А. Жаворонкова, А.А. Гарифуллина // Средний девон СССР, его границы и ярусное расчленение / под ред. М.А. Камалетдинова, М.А. Ржонсницкой. – М.: Наука, 1985. – С. 49–58.
16. Klapper G. Lower and Middle Devonian conodont sequence in central Nevada // Western North America: Devonian / Eds. M.A. Murphy, W.B.N. Berry, C.A. Sandberg. – USA: University of California, Riverside Campus Museum Contribution, 1977. – V. 4. – P. 33–54.
17. Klapper G., Johnson J.G. Endemism and dispersal of Devonian conodonts // Journal of Paleontology. – 1980. – V. 54. – P. 400–455.
18. Carls P., Slavik L., Valenzuela-Rios J.I. Revisions of conodont biostratigraphy across the Silurian–Devonian boundary // Bulletin of Geosciences. – 2007. – V. 82. – № 2. – P. 145–164.
19. Corradini C., Corriga M.G. A Pridoli–Lochkovian conodont zonation in Sardinia and the Carnic Alps: implications for a global zonation scheme // Bulletin of Geosciences. – 2012. – V. 87. – № 3. – P. 1119–1214.
20. Drygant D., Szaniawski H. Lochkovian conodonts from Podolia, Ukraine and their stratigraphic significance // Acta Palaeontologica Polonica. – 2012. – V. 57. – № 4. – P. 833–861.
21. Early Devonian conodonts from the southern Thomson Orogen and northern Lachlan Orogen in north-western New South Wales / Y.Y. Zhen, R. Hegarty, I.G. Percival, J.W. Pickett // Proc. of the Linnean Society of New South Wales. – 2017. – V. 139. – P. 69–83.
22. Valenzuela-Rios J.I. Conodonts del Lochkovian y Pragian (Devónico inferior) del Pirineo Central español // Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza. – 1994. – V. 5. – P. 1–178.
23. Valenzuela-Rios J.I., Murphy M.A. A new zonation of middle Lochkovian (Lower Devonian) conodonts and evolution of Flajselia n. gen. (Conodonta) // Paleozoic Sequence Stratigraphy, Biostratigraphy and Biogeography / Eds. G. Klapper, M.A. Murphy, J.A. Talent. – Boulder, Colorado: Geological Society of America Special Paper, 1997. – V. 321. – P. 131–144.
24. Murphy M.A., Valenzuela-Rios J.I. A new genus lineage of Early Devonian Conodonts // Bollettino della Società Paleontologica Italiana. – 1999. – V. 37. – P. 321–334.
25. The middle and upper Lochkovian (Lower Devonian) conodont successions in key peri-Gondwana localities (Spanish central Pyrenees and Prague Synform) and their relevance for global correlations / J.I. Valenzuela-Rios, L. Slavik, J.C. Liao, H. Calvo, A. Huskova, L. Chadimova // Terra Nova. – 2015. – V. 27. – № 6. – P. 409–415.
26. Subdivision of the Lochkovian Stage based on conodont faunas from the stratotype area (Prague Synform, Czech Republic) / L. Slavik, P. Carls, J. Hladil, L. Koptíková // Geological Journal. – 2012. – V. 4. – P. 616–631.
27. Chrono-, litho- and conodont biostratigraphy of the Rauchkofel Boden Section (Upper Ordovician–Lower Devonian), Carnic Alps, Austria / H.P. Schonlaub, C. Corradini, M.G. Corriga, A. Ferretti // Newsletters on Stratigraphy. – 2017. – V. 50. – № 4. – P. 445–469. DOI: 10.1127/nos/2017/0391.
28. Mavrinskaya T.M., Artyushkova O.V. Conodont characteristic of the Lochkovian–Pragian boundary interval in the Mindigulovo section (western slope of the Southern Urals) // Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments. – 2017. – V. 97. – № 3. – P. 391–404.
29. Mottequin B., Slavik L., Königshof P. Increasing knowledge on biodiversity patterns and climate changes in Earth's history by international cooperation: introduction to the proceedings IGCP 596/SDS Meeting Brussels (2015) // Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments. – 2017. – V. 97. – № 3. – P. 367–374.
30. Murphy M.A., Matti J.C. Lower Devonian conodonts (*hesperius-kindlei* Zones), Central Nevada // University of California publications in Geological Sciences. – 1982. – V. 123. – P. 1–83.
31. Murphy M.A., Matti J.C., Walliser O.H. Biostratigraphy and evolution of the Ozarkodina remscheidensis–Eognathodus sulcatus lineage (Lower Devonian) in Germany and central Nevada // Journal of Paleontology. – 1981. – V. 55. – P. 747–772.
32. Murphy M.A. Pragian conodont zonal classification in Nevada, western North America // Revista Española de Paleontología. – 2005. – V. 20. – P. 177–206.
33. Bardashev I.A., Weddige K., Ziegler W. Phylomorphogenesis of some Early Devonian Platform Conodonts // Senckenbergiana Lethaea. – 2002. – V. 82. – № 2. – P. 375–451.
34. Филогения еогнатодид и полигнатид из разрезов Китабского государственного геологического заповедника (Зеравшано-Гиссарская горная область, Узбекистан), как основа для совершенствования пражско-эмской стандартной зональной шкалы по конодонтам / Е.А. Елкин, Н.Г. Изох, К. Веддиге, М.В. Ерина, Х.И. Валензуэла-Риос, Л.С. Апекина // Новости палеонтологии и стратиграфии. Приложение к журналу «Геология и геофизика». – 2011. – Т. 52. – Вып. 15. – С. 37–45.

Поступила 22.02.2020 г.

Информация об авторах

Мавринская Т.М., научный сотрудник Лаборатории стратиграфии палеозоя Института геологии Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук.

Артюшкова О.В., доктор геолого-минералогических наук, заведующая Лабораторией стратиграфии палеозоя Института геологии Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук.

UDC551.734 (234.853)

LOCHKOVIAN DEPOSITS OF THE WESTERN SLOPE OF THE SOUTH URALS, THEIR DIVISION AND GLOBAL CORRELATION BASED ON CONODONTS

Tatyana M. Mavrinskaya¹,
stpal@ufaras.ru

Olga V. Artyushkova¹,
stpal@ufaras.ru

¹ Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences,
16/2, Karl Marx street, Ufa, 457700, Russia

Relevance of the research. Today, the development of a standard conodont scale for the Lochkovian and Pragian stages of the Lower Devonian is among the global priorities. In accordance with this, the study of regularity of conodonts distribution in Lower Devonian deposits is actively carried out in various regions of the world.

The aim of the study is to identify regularity of conodonts distribution in the Lochkovian deposits of the western slope of the South Urals to create a regional conodont zonation.

Methods. The Lochkovian stage in the carbonate sections of the western slope of the South Urals has a two-membered division corresponding to Siyak and Sherlubay Horizons. A field paleontological investigation of the sections with the Siyak and Sherlubay deposits was carried out on the base of conodont fauna. Mindigulovo section on the Belaya River was selected as a complete one for the biozonal subdivision. The samples were taken with an interval of 15–20 cm. The weight of the samples was 1–2 kg. Under laboratory conditions, limestones were disintegrated in 5–8 % solution of formic acid. The insoluble residue was viewed under a binocular microscope in order to identify conodonts. The selected conodont fauna was analyzed.

Results. Numerous conodonts were found in the Sherlubay Horizon in the Mindigulovo section. They are represented by cosmopolitan species that allowed the creation of a regional biozonal conodont scale for the western slope of the South Urals. Seven conodont zones were identified: *L. omoalpha*, *A. transitans*, *L. eleanorae*, *A. trigonicus*, *A. kutscheri*, *Mas. pandora beta*, *Ped. gilberti*. The developed conodont scale is equivalent to other scales of the peri-Gondwana regions, making it appropriate for direct global correlation. The data obtained in the research allow us to accept the point of view on three-term division of the Lochkovian stage. According to this, the Sherlubay Horizon is equal to «Middle» and «Uppersubstages» of Lochkovian.

Key words:

South Urals, biostratigraphy, Lower Devonian, Lochkovian stage, Sherlubay Horizon, conodont zonation, correlation.

The authors express thanks to the reviewer for the work attractive consideration and positive review.

The research was carried out on the topic of the state task no. 0246-2019-0118.

REFERENCES

- Maslov V.A., Artyushkova O.V. *Stratigraphiya i korrelatsiya of the Devonskikh otlozheniy Magnitogorskoy megazony Yuzhnogo Urala* [Stratigraphy and correlation of the Devonian deposits in the Magnitogorsk Megazone of the Southern Urals]. Ufa, DizaynPoligrafServis Publ., 2010. 288 p.
- Zainullin R.I. Sedimentation of Lochkovian–lower Emsian volcanoclastic deposits of the West–Magnitogorsk zone of the South Ural. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2018, vol. 329, no. 12, pp. 104–113. In Rus.
- Fazliakhmetov A.M. Geochemical features and formation conditions of Early-Devonian cherty-argillaceous shales and the underlying basalts in the Ishkildino section (eastern slope of the Southern Urals). *Litosfera*, 2019, vol. 19, no. 1, pp. 30–47. In Rus.
- Fazliakhmetov A.M. Lithogeochemical features and conditions of the formation of the Silurian–Early Devonian volcanoclastic sandstones of the section near the Mansurovo village (West Magnitogorsk zone, South Ural). *Bulletin of the Academy of Sciences of the Republic of Bashkortostan*, 2019, vol. 30, no. 1 (93), pp. 49–58. In Rus.
- Mavrinskaya T.M., Slavik L. Correlation of Early Devonian (Lochkovian–Early Pragian) conodont faunas of the South Urals (Russia). *Bulletin of Geosciences*, 2013, vol. 88, no. 2, pp. 283–296.
- Chernyshev F.N. Obshchaya geologicheskaya karta Rossii. List 139. Opisaniye tsentralnoy chasti Urala i zapadnogo ego sklona [Generalized geologic map of Russia. Sheet 139. Description of the central part of the Urals and its western slope]. *Transactions of Geolcom*, 1889, vol. 3, no. 4, 393 p.
- Krauze S.N., Maslov V.A. *Ordovik, silur i nizhniy devon zapadnogo sklona Bashkirskogo Urala* [Ordovician, Silurian and Lower Devonian of the Western slope Bashkirian Urals]. Ufa, Bashkir Branch USSR Acad. of Sciences Publ., 1961. 94 p.
- Tyazheva A.P. *Stratigrafiya devonskikh otlozheniy zapadnoy chasti Yuzhnogo Urala* [The stratigraphy of Devonian deposits on the western slope of the South Urals]. *Devonskie otlozheniya Bashkirii. Ch. 1. Stratigrafiya* [The Devonian deposits of Bashkiria. P. 1. Stratigraphy]. Ed. by A.I. Olli. Moscow, USSR Acad. Sc. Publ., 1961. pp. 5–130.
- Tyazheva A.P., Zhavoronkova R.A., Garifullina A.A. *Korally i brakhiopody nizhnego Devona na Yuzhnom Urale* [The Lower Devonian corals and brachiopods in the South Urals]. Moscow, Nauka Publ., 1976. 223 p.
- Subregionalnye stratigraficheskie skhemy devona zapadnogo sklona Urala (dokembry, paleozoy) [Subregional stratigraphic charts for Devonian of the western Urals (pre-Cambrian, Paleozoic)]. *Stratigraficheskie skhemy Urala (dokembry, paleozoy)* [Stratigraphic charts of the Urals (pre-Cambrian, Paleozoic)]. Eds. N.Y. Antsygin, B.A. Popov, B.I. Chuvashov. Ekaterinburg, 1993.
- Baryshev V.N., Abramova A.N. Zonalnoe raschlenenie verkhnedevonskikh otlozheniy zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala po konodontam [Conodont zonal subdivision of the Upper Devonian deposits on the western slope of the South Urals]. *Yezhegodnik-1995. Informatsionnye materialy* [Annual-1995. Information materials]. Ufa, Ufa Scientific Center RAS Publ., 1996 pp. 26–30.
- Maslov V.A., Abramova A.N., Baryshev V.N. Novye dannye o rasprostraneni konodontov v srednedevonskikh otlozheniyakh zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [New data on distribution of conodonts in the Middle Devonian sediments on the western slope of the South Ural and pre-Urals]. *Stratigrafiya i litologiya verkhnego dokembriya i paleozoya Yuzhnogo Urala i Preduralya* [Stratigraphy

- phy and lithology of the upper Precambrian and Paleozoic of the Southern Urals and pre-Urals]. Ed. by M.A. Garris. Ufa, Bashkir Branch USSR Acad. of Sciences Publ., 1983. pp. 58–63.
13. Becker R.T., Gradstein F.M., Hammer O. *Devonian Period Geological Time Scale 2012*. Eds. Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.D., Ogg G.M. Amsterdam, Elsevier 2012. Vol. 1, Ch. 20, pp. 525–558.
 14. Becker R.T., Königsfö P., Brett C.E. Devonian climate, sea level and evolutionary events: an introduction. *Geological Society, London, Special Publications*, 2016, vol. 423, Available at: <http://sp.lyellcollection.org> (accessed 27 November 2018).
 15. Maslov V.A., Chibrikova E.V., Abramova A.N., Baryshev V.N., Zhavoronkova R.A., Garifulina A.A. Stratigraphiya nizhnego i srednego devona zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Stratigraphy of the Lower and Middle Devonian of the western slope of the Southern Urals]. *Sredny devon SSSR, ego granitsy i yarusnoe raschlenenie* [Middle Devonian of the USSR, its boundaries and stage subdivision]. Eds. M.A. Kamaletdinov, M.A. Rzhonsnitskaya. Moscow, Nauka Publ., 1985. pp. 49–58.
 16. Klapper G. Lower and Middle Devonian conodont sequence in central Nevada. Western North America: *Devonian*. Eds. M.A. Murphy, W.B.N. Berry, C.A. Sandberg. USA, University of California, Riverside Campus Museum Contributions, 1977. pp. 33–54.
 17. Klapper G., Johnson J.G. Endemism and dispersal of Devonian conodonts. *Journal of Paleontology*, 1980, vol. 54, pp. 400–455.
 18. Carls P., Slavik L., Valenzuela-Rios J.I. Revisions of conodont biostratigraphy across the Silurian–Devonian boundary. *Bulletin of Geosciences*, 2007, vol. 82, no 2, pp. 145–164.
 19. Corradini C., Corriga M.G. A Pridoli–Lochkovian conodont zonation in Sardinia and the Carnic Alps: implications for a global zonation scheme. *Bulletin of Geosciences*, 2012, vol. 87, no. 3, pp. 1119–1214.
 20. Drygant D., Szaniawski H. Lochkovian conodonts from Podolia, Ukraine and their stratigraphic significance. *Acta Palaeontologica Polonica*, 2012, vol. 57, no 4, pp. 833–861.
 21. Zhen Y.Y., Hegarty R., Percival I.G., Pickett J.W. Early Devonian conodonts from the southern Thomson Orogen and northern Lachlan Orogen in north-western New South Wales. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 2017, vol. 139, pp. 69–83.
 22. Valenzuela-Rios J.I. Conodontos Lochkoviense y Praguense (Devónico inferior) del Pirineo Central español [Lochkovian and Pragian (Early Devonian) Conodonts of the Spanish Central Pyrenees]. *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, 1994, vol. 5, pp. 1–142.
 23. Valenzuela-Rios J.I., Murphy M.A. A new zonation of middle Lochkovian (Lower Devonian) conodonts and evolution of Flajsel-la n. gen. (Conodonta). *Paleozoic Sequence Stratigraphy, Biostratigraphy and Biogeography*. Eds. G. Klapper, M.A. Murphy, J.A. Talent. Boulder, Colorado, Geological Society of America Special Paper, 1997. Vol. 321, pp. 131–144.
 24. Murphy M.A., Valenzuela-Rios J.I. Lanca new genus lineage of Early Devonian Conodonts. *Bolletino Della Società Paleontologica Italiana*, 1999, vol. 37, pp. 321–334.
 25. Valenzuela-Rios J.I., Slavik L., Liao J.C., Calvo H., Huskova A., Chadimova L. The middle and upper Lochkovian (Lower Devonian) conodont successions in key peri-Gondwana localities (Spanish central Pyrenees and Prague Synform) and their relevance for global correlations. *Terra Nova*, 2015, vol. 27, no 6, pp. 409–415.
 26. Slavik L., Carls P., Hladil J., Koptiková L. Subdivision of the Lochkovian Stage based on conodont faunas from the stratotype area (Prague Synform, Czech Republic). *Geological Journal*, 2012, vol. 4, pp. 616–631.
 27. Schönlaub H.P., Corradini C., Maria G. Corriga and Annalisa Ferretti. Chrono-litho and conodont biostratigraphy of the Rauchkofel Boden Section (Upper Ordovician–Lower Devonian), Carnic Alps, Austria. *Newsletters on Stratigraphy*, 2017, vol. 50, no. 4, pp. 445–469. DOI: 10.1127/nos/2017/0391.
 28. Mavrinskaya T.M., Artyushkova O.V. Conodont characteristic of the Lochkovian-Pragian boundary interval in the Mindigulovo section (western slope of the Southern Urals). *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 2017, vol. 97, no. 3, pp. 391–404.
 29. Mottequin B., Slavik L., Königsfö P. Increasing knowledge on biodiversity patterns and climate changes in Earth's history by international cooperation: introduction to the proceedings IGCP 596/SDS Meeting Brussels (2015). *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, 2017, vol. 97, no 3, pp. 367–374.
 30. Murphy M.A., Matti J.C. Lower Devonian conodonts (*hesperius-kindlei* Zones), Central Nevada. *University of California Publications in Geological Sciences*, 1982, vol. 123, pp. 1–83.
 31. Murphy M.A., Matti J.C., Walliser O.H. Biostratigraphy and evolution of the Ozarkodina remscheidensis–Eognathodus sulcatus lineage (Lower Devonian) in Germany and central Nevada. *Journal of Paleontology*, 1981, vol. 55, pp. 747–772.
 32. Murphy M.A. Pragian conodont zonal classification in Nevada, western North America. *Revista Española de Paleontología*, 2005, vol. 20, pp. 177–206.
 33. Bardashev I.A., Weddige K., Ziegler W. Phylomorphogenesis of some Early Devonian platform conodonts. *Senckenbergiana Lethaea*, 2002, vol. 82, no. 2, pp. 375–451.
 34. Yolkina E.A., Izokh N.G., Weddige K., Erina M.V., Valenzuela-Rios X.I., Apekina L.S. Eognathodid and polygnathid lineages from the Kitab state geological reserve sections (Zeravshan-Gissar mountainous area, Uzbekistan) as the bases for improvements of Pragian-Emsian standard conodont zonation. *News of paleontology and stratigraphy, Supplement to the journal «Geology and Geophysics»*, 2011, vol. 52, no. 15, pp. 37–45. In Rus.

Received: 22 February 2020.

Information about the authors

Tatyana M. Mavrinskaya, researcher, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences.

Olga V. Artyushkova, Dr. Sc, head of the Laboratory, Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences.