

Глобальный стратотипический разрез и точка (ГСРТ) нижней границы сакмарского яруса приуральского отдела пермской системы (Южный Урал, Россия)

Впервые в России ратифицирован Глобальный стратотипический разрез Усолка и точка нижней границы сакмарского яруса (нижняя пермь) для Международной хроностратиграфической шкалы пермской системы. Глубоководный конденсированный разрез Усолка и вспомогательный мелководный разрез Кондуровка большой мощности с обильной фауной были детально изучены для обоснования нижней границы сакмарского яруса с учетом всех современных международных требований.

Ключевые слова: *нижняя пермь, Глобальный стратотип, сакмарский ярус, конодонты.*

G. V. KOTLYAR (VSEGEI)

Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the lower boundary of the Sakmarian Stage of the Cisuralian, the Permian (South Urals, Russia)

Usolka Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Sakmarian Stage of the International Permian Timescale is ratified for the first time in Russia. The deep-water condensed Usolka section and the subsidiary thick shallow-water Kondurovka section with abundant fossils were studied for justification of the base of the Sakmarian Stage taking into account all present-day international requirements.

Keywords: *Lower Permian, Global Stratotype, Sakmarian Stage, conodonts.*

Как цитировать эту статью: Котляр Г. В. Глобальный стратотипический разрез и точка (ГСРТ) нижней границы сакмарского яруса приуральского отдела пермской системы (Южный Урал, Россия) // Регион. геология и металлогения. – 2019. – № 77. – С. 6–10.

В соответствии с требованиями Международной комиссии по стратиграфии, ярусные границы фанерозоя в Международной стратиграфической шкале (МСШ) определяются точками в стратотипических разрезах на уровнях, имеющих биостратиграфическое, радиометрическое, геохимическое и другие обоснования. Граница должна обладать наиболее полным корреляционным потенциалом, обеспечивающим максимальную пространственную прослеживаемость.

Пермская система – единственная, в которой нижние границы всех ярусов МСШ маркируются первым появлением (FAD) конодонтов в непрерывной филогенетической последовательности. К настоящему времени стандартизация ярусных границ среднего (гваделупского) и верхнего (лопинского) отделов Международной (Глобальной) стратиграфической шкалы завершена и все точки глобальных стратотипов границ формализованы. Из четырех ярусов нижнепермского (приуральского) отдела до 2018 г. была ратифицирована единственная нижняя граница пермской системы и ассельского яруса, установленная в Северном Казахстане в разрезе Айдалаш, расположенном в 45 км к юго-востоку

от г. Актобе [11]. Границы остальных ярусов приуральского отдела до настоящего времени не были ратифицированы.

Первоначально на роль глобального стратотипа нижней границы сакмарского яруса претендовал разрез Кондуровка, расположенный на правом берегу р. Сакмара Оренбургской области Южного Урала (рис. 1) [9]. Разрез, представленный мощной серией мелководных отложений с многочисленными палеонтологическими остатками (конодонты, аммоноидеи, фузулиниды), изучался многими специалистами длительное время [2, 3, 5, 8, 10–12, 16]. Впервые Б. И. Чувашов продемонстрировал этот разрез на Международном конгрессе «Пермская система земного шара» в 1991 г. На конгрессе решением Международной подкомиссии по пермской системе (председатель В. R. Glenister) Б. И. Чувашова избрали председателем Международной рабочей группы по изучению и подготовке нижней границы сакмарского яруса для ГСРТ. Диагностическим маркером границы первоначально был выбран конодонт *Sweetognathus merrilli*, а позднее, после долгих дискуссий, – *Mesogondolella uralensis*, первое появление которого практически совпадало

с появлением *Sweetognathus merrili*. В дальнейшем уровень и критерии определения нижней границы сакмарского яруса неоднократно обсуждались в Международной подкомиссии по стратиграфии пермской системы во главе с ее председателем Shu-Zong Shen [7]. Отмечалось значительное переотложение конодонов в разрезе Кондуровка, неудачно выбранный первоначальный маркер границы – *Sweetognathus merrili*, отсутствие требуемых дополнительных геохронологических данных. На основании всего этого разрез был отклонен в качестве ГСРТ.

Более перспективным для обоснования нижней границы сакмарского яруса был выбран разрез Усолка, расположенный на правом берегу одноименной реки вблизи санатория «Красноусольский» (рис. 1, 2) [4]. Хорошо обнаженный конденсированный и непрерывный разрез Усолка с обильными конодонтами дает полное представление о непрерывном развитии конодонт в интервале от гжельского до средней части артинского яруса и возможность построить детальную зональную шкалу по конодонтам от верхнего карбона до иргинского горизонта артинского яруса. В результате разрез Усолка был предложен как ГСРТ для основания сакмарского яруса МСК (рис. 2). Учитывая, что разрез Кондуровка является историческим российским стратотипом сакмарского яруса с установленным детальным распространением конодонт, фузулиид и аммоноидей, для которых принята зональная последовательность [5, 8, 9], он признан вспомогательным разрезом сакмарского яруса МСШ.

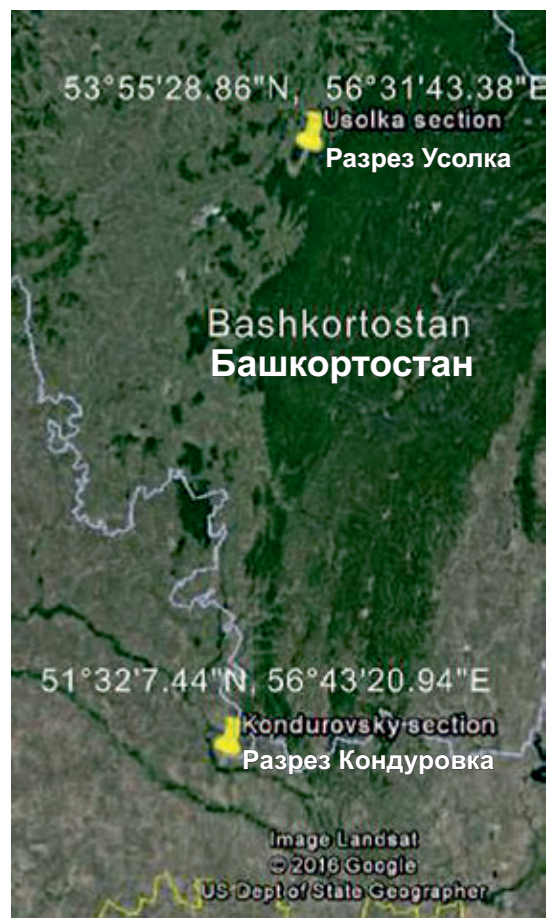


Рис. 1. Местоположение разрезов Усолка и Кондуровка на Южном Урале, Россия



Рис. 2. Разрез Усолка. Показано положение GSSP в слое 26/3 сакмарского яруса в разрезе Усолка Южного Урала по первому появлению *Mesogondolella monstra*

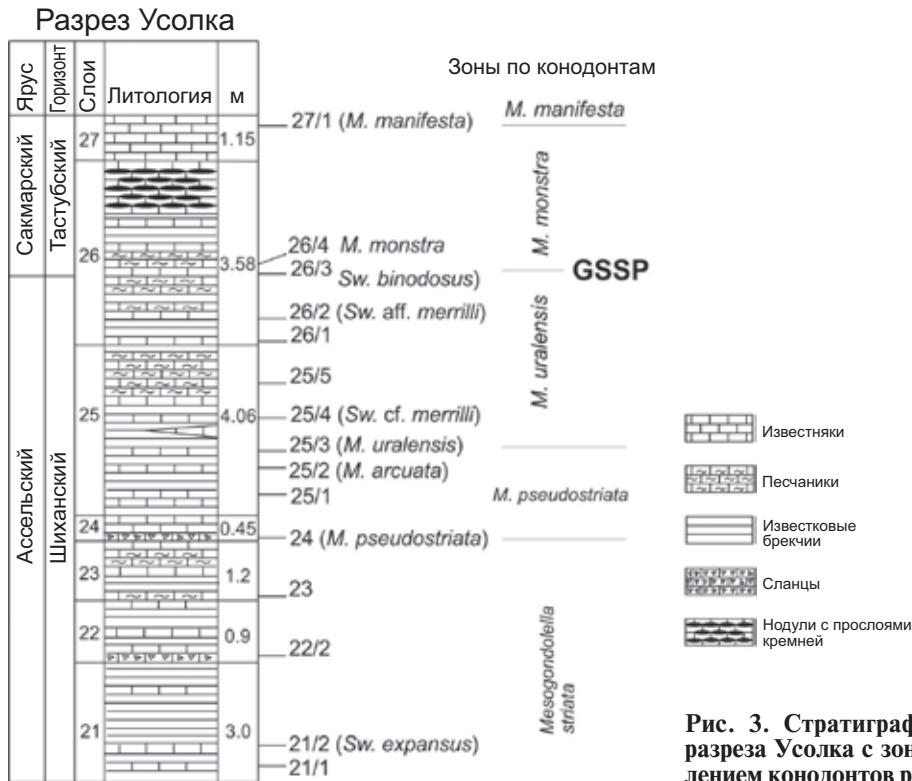


Рис. 3. Стратиграфическая колонка разреза Усолка с зональным распределением коноднтов рода *Mesogondolella*

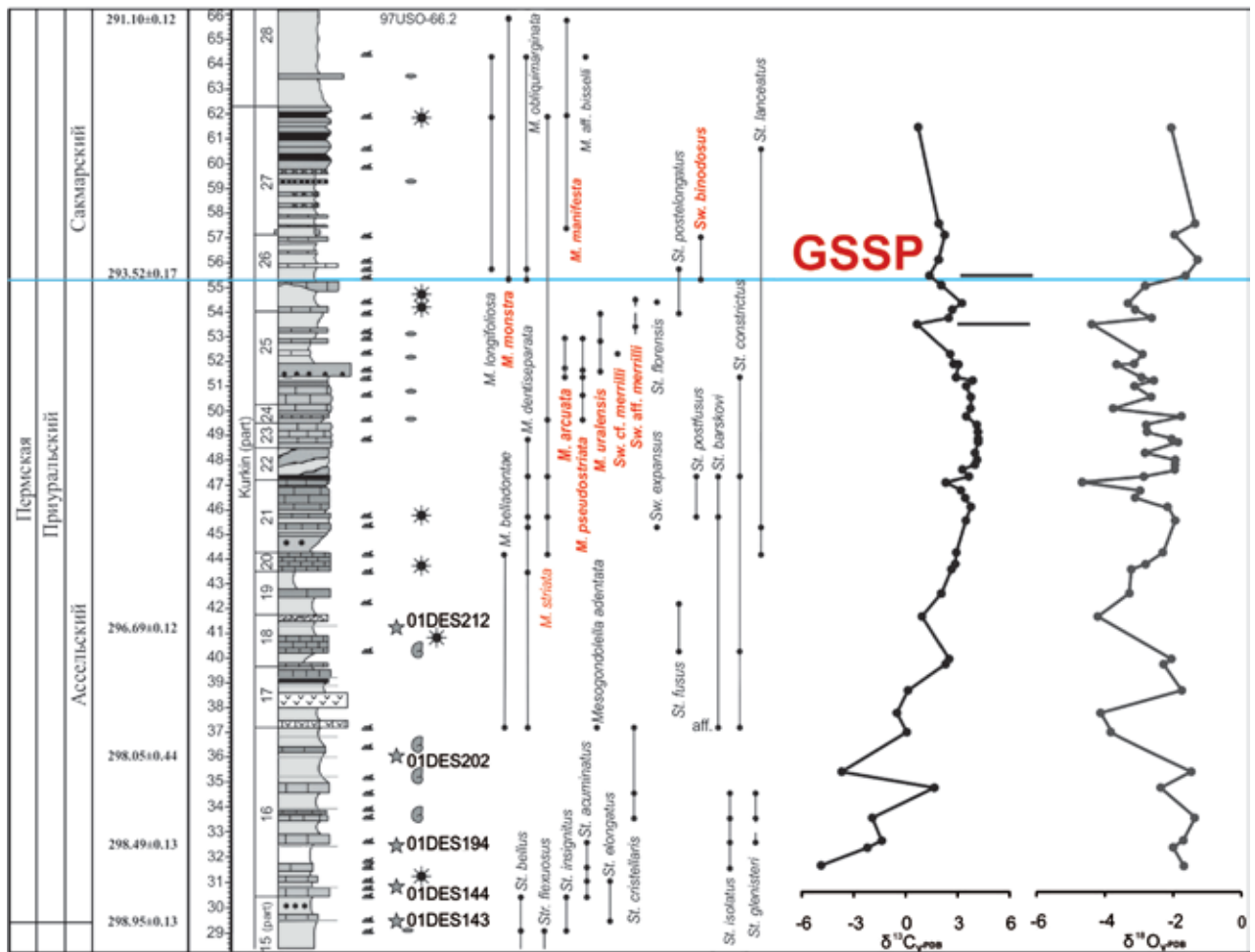


Рис. 4. Комплексные данные разреза Усолка, показывающие биостратиграфические, геохронологические [15] и хемотратиграфические данные [19]

Голубым отмечена принятая и ратифицированная граница сакмарского яруса

В ходе изучения двух разрезов — Усолка, сформированного в условиях глубоководного шельфа, и вспомогательного мелководного разреза Кондуровка — после дополнительного широкого обсуждения был достигнут консенсус относительно окончательного выбора разреза, уровня границы и маркера.

ГСРТ нижней границы сакмарского яруса (нижняя пермь) (GSSP for the base-Sakmarian Stage) — первый и единственный разрез, утвержденный на территории России, был одобрен Международной подкомиссией по стратиграфии пермской системы, утвержден Международной комиссией по стратиграфии (МКС) и ратифицирован Международным союзом геологических наук (МСГН) в 2018 г.

Новым маркером нижней границы сакмарского яруса окончательно выбран конодонт *Mesogondolella monstra*, совместно с которым в мелководных фациях разреза Кондуровка отмечено практически одновременное появление вида *Streptognathodus binodosus* (рис. 2). Эволюционные линии *Mesogondolella pseudostrata* — *M. Arcuate* — *M. Uralensis* — *M. monstra* и *Sweetognathus expansus* — *S. Merrilli* — *S. binodosus* служат надежным обоснованием для установления ГСРТ нижней границы сакмарского яруса (рис. 3, 4). Выбранные маркеры обладают широким корреляционным потенциалом. Помимо Урала [1–3], *S. binodosus* установлен в Западном Техасе [13], Неваде [7, 17] Северной Америке, Западной Канаде [19] и Центральном Иране [6]. *M. monstra* обнаружен на Урале [2, 3], Центральном Иране [6] и Таиланде [14].

Фузулиниды в разрезе Усолка встречены на отдельных изолированных стратиграфических уровнях и не образуют непрерывной линии развития, позволяющей проследить филогенез какого-либо рода, однако присутствие в кровле ассельских отложений (верхняя часть слоя 25) зонального вида ассельского яруса *Sphaeroschwagerina* cf. *sphaerica*, а также наличие выше, но вблизи нижней границы сакмарского яруса фузулинид родов *Rugosofusulina*, *Pseudofusulina* и зонального вида тастубского горизонта *Pseudofusulina verneuili* подтверждает правильность выбранного по конодонтом уровня границы ассельского и сакмарского ярусов.

Проведенное высокоточным ID-TIMS методом датирование цирконов из нескольких уровней верхней части ассельских и нижней части сакмарских отложений разреза позволило установить возраст нижней границы сакмарского яруса в слое 26/3 (55,4 м от основания разреза) — $293,52 \pm 0,17$ млн лет [16] (рис. 4) и уточнить калибровку рассматриваемого интервала МСШ.

Биостратиграфические данные принятой границы подтверждены и хемотратиграфическими кривыми значений $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$, полученными в разрезах Усолка и Кондуровка [18] (рис. 4). Экскурс с двойным негативным шифтом задокументирован вблизи ассельско-сакмарской границы в обоих разрезах. Второй негативный экскурс практически совпадает с FAD *Mesogondolella*

monstra. Этот экскурс может служить как хемотратиграфический маркер для внутриконтинентальной корреляции разрезов.

В пограничном ассельско-сакмарском исследованном интервале разреза Усолка получены изотопы стронция от конодонтовых элементов. Рассчитанный стронциевый изотопный состав морской воды в основании сакмарского яруса составляет $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,70787$ [15, 16].

Таким образом, нижняя граница сакмарского яруса определяется первым появлением конодонта *Mesogondolella monstra* в слое 26/3 (рис. 3) в 55,4 м от основания разреза Усолка и практически одновременным появлением *Sweetognathus binodosus* в разрезе Кондуровка, экстраполированным геохронологическим возрастом границы $293,52 \pm 0,17$ млн лет, негативным хемотратиграфическим маркером (экскурс $\delta^{13}\text{C}$) и величиной изотопов стронция $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0,70787$.

Проведенные многолетние и целенаправленные исследования уральскими и другими российскими специалистами совместно с американскими и китайскими геологами могут служить методическим руководством при проведении работ по обоснованию и установлению потенциальных ГСРТ фанерозоя.

1. Черных В. В. Глобальная корреляция сакмарского яруса по конодонтам // Литосфера. — 2002. — № 1. — С. 77–83.

2. Черных В. В. Зональный метод в биостратиграфии. Зональная шкала нижней перми по конодонтам. — Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2005. — 217 с.

3. Черных В. В. Нижнепермские конодонты Урала. — Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2006. — 130 с.

4. Чувашов Б. И., Дюпина Г. В., Мизенс Г. А., Черных В. В. Разрез Красноуфимский // Путеводитель геологических экскурсий. Ч. II. Вып. I. — Свердловск: УрО АН СССР, 1991. — С. 5–46.

5. Чувашов Б. И., Черных В. В., Богословская М. Ф. Биостратиграфическая характеристика стратотипов ярусов нижней перми // Стратиграфия. Геол. корреляция. — 2002. — Т. 10, № 4. — С. 3–19.

6. Balini M. et al. First report of Upper Pennsylvanian ammonoids and Lower Permian conodonts from Bagh-e-Vang area (Central Iran) / M. Balini, R. Mandrioli, A. Nicora, L. Angiolini, I. Violo, Z. Sohrabi, M. Bahramanesh // Permophiles. — 2015. — Vol. 62. — P. 25–27.

7. Chernykh V. V., Chuvashov B. I., Shen S. Z. and Henderson C. M. Proposal for the Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base-Sakmarian Stage (Lower Permian) // Permophiles. — 2016. — Vol. 63. — P. 4–18.

8. Chuvashov B. I., Chernykh V. V., Davydov V. I., Pnev V. P. Kondurovsky section // Permian System: Guides to Geological Excursion in the Uralian Type Localities. Jointly published by Uralian Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia and ESRI, Occasional Publications ESRI, University of South Carolina, New Series, 1993. — N 10. — P. 102–119.

9. Chuvashov B. I., Chernykh V. V., Leven E. Ya, Davydov V. I., Bowring S. A., Ramezani J., Glenister B. F., Hendson C. M., Schiappa T. A., Northrup C. J., Snyder W. S., Spinosa C., Wardlaw B. R. Proposal for the Base of the Sakmarian Stage: GSSP in the Kondurovsky Section, Southern Urals, Russia // Permophiles. — 2002. — Vol. 41. — P. 4–13.

10. Davydov V. I., Zinder W. S., Spinosa C. Upper Paleozoic fusulinacean biostratigraphy of the Southern Urals // *Permophiles*. – 1997. – Vol. 30. – P. 11–14.
11. Davydov V. I. Proposal of Aidaralash as Global Stratotype Section and Point (GSSP) for base of the Permian System / V. I. Davydov, B. F. Glenister, C. Spinosa, S. M. Ritter, V. V. Chernykh, B. R. Wardlaw and W. S. Snyder // *Episodes*. – 1998. – Vol. 21, N 1. – P. 11–18.
12. Davydov V. I., Leven E. Y., Chuvashov B. I. Fusulinid Biostratigraphy in Asselian – Sakmarian transition in stratotype area Southern Urals, Russia // *Permophiles*. – 1999. – Vol. 35. – P. 30–31.
13. Davydov V. I. and Wardlaw B. R. Progress on the Cisuralian (Lower Permian) timescale, Southern Urals, Russia // *Permophiles*. – 2005. – Vol. 45. – P. 9–11.
14. Metcalfe I., Henderson C. M., Wakta K. Lower Permian conodonts from Palao-Tethys Ocean Plate Stratigraphy in the Chiang Mai – Chiang Rai Suture Zone, northern Thailand // *Gondwana Research*. – 2017. – Vol. 44. – P. 54–66.
15. Schmitz M. D., Davydov V. I., Snyder W. S. Permo-Carboniferous Conodonts and Tuffs: High precision marine Sr isotope geochronology // *Permophiles*. – 2009. – Vol. 53, N 1. – P. 49.
16. Schmitz M. D., Davydov V. I. Quantitative radiometric and biostratigraphic calibration of the Pennsylvanian – Early Permian (Cisuralian) time scale and pan-Euramerican chronostratigraphic correlation // *Geological Society of America Bulletin*. – 2012. – Vol. 124. – P. 549–577.
17. Wardlaw B. R., Gallegos D. M., Chernykh V. V., Snyder W. S. Early Permian conodont fauna and stratigraphy of the Garden Valley formation, Eureka County, Nevada // *Micropaleontology*. – 2015. – Vol. 61, N 4–5. – P. 389–387.
18. Zeng J., Cao C. C., Davydov V. I., Shen S. Carbon isotope stratigraphy and implications of paleoclimatic changes during the Cisuralian (Early Permian) in the Southern Urals, Russia // *Gondwana Research*. – 2012. – Vol. 21, Iss. 2–3. – P. 601–610.
19. Zubin-Stathopoulos K. D., Beaucham B., Davydov V. I., Henderson C. M. Variability of Pennsylvanian–Permian Carbonate Association and implications for NW Pangea Paleogeography, east-central British Columbia, Canada // *Geological Society, London, Special Publications*. – 2013. – Vol. 376, N 1. – P. 47–72.
5. Chuvashov B. I., Chernykh V. V., Bogoslovskaya M. F. The Biostratigraphic characteristic of the stratotypes of the Lower Permian Tiers. *Stratigrafiya. Geol. korrelyatsiya*. 2002. Vol. 10. No 4, pp. 3–19. (In Russian).
6. Balini, M., Mandrioli, R., Nicora, A., Angiolini, L., Violo, I., Sohrabi, Z., Bahramanesh, M. 2015: First report of Upper Pennsylvanian ammonoids and Lower Permian conodonts from Bagh-e-Vang area (Central Iran). *Permophiles*. 62. 25–27.
7. Chernykh, V. V., Chuvashov, B. I., Shen, S. Z. and Henderson, C. M. 2016: Proposal for the Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base-Sakmarian Stage (Lower Permian). *Permophiles*. 63. 4–18.
8. Chuvashov, B. I., Chernykh, V. V., Davydov, V. I., Pnev, V. P. 1993: Kondurovsky section. *Permian System: Guides to Geological Excursion in the Uralian Type Localities*. 10. 102–119.
9. Chuvashov, B. I., Chernykh, V. V., Leven, E. Ya, Davydov, V. I., Bowring, S. A., Ramezani, J., Glenister, B. F., Henderson, C. M., Schiappa, T. A., Northrup, C. J., Snyder, W. S., Spinosa, C., Wardlaw, B. R. 2002: Proposal for the Base of the Sakmarian Stage: GSSP in the Kondurovsky Section, Southern Urals, Russia. *Permophiles*. 41. 4–13.
10. Davydov, V. I., Zinder, W. S., Spinosa, C. 1997: Upper Paleozoic fusulinacean biostratigraphy of the Southern Urals. *Permophiles*. 30. 11–14.
11. Davydov, V. I., Glenister, B. F., Spinosa, C., Ritter, S. M., Chernykh, V. V., Wardlaw, B. R., and Snyder, W. S. 1998: Proposal of Aidaralash as Global Stratotype Section and Point (GSSP) for base of the Permian System. *Episodes*. 21. 1. 11–18.
12. Davydov, V. I., Leven, E. Y., Chuvashov, B. I. 1999: Fusulinid Biostratigraphy in Asselian – Sakmarian Transition in Stratotype Area Southern Urals, Urals. *Permophiles*. 35. 30–31.
13. Davydov, V. I. and Wardlaw, B. R. 2005: Progress on the Cisuralian (Lower Permian) timescale, Southern Urals, Russia. *Permophiles*. 45. 9–11.
14. Metcalfe, I., Henderson, C. M., Wakta, K. 2017: Lower Permian conodonts from Palao-Tethys Ocean Plate Stratigraphy in the Chiang Mai – Chiang Rai Suture Zone, northern Thailand. *Gondwana Research*. 44. 54–66.
15. Schmitz, M. D., Davydov, V. I., Snyder, W. S. 2009: Permo-Carboniferous Conodonts and Tuffs: High precision marine Sr isotope geochronology. *Permophiles*. 53. 1. 49.
16. Schmitz, M. D., Davydov, V. I. 2012: Quantitative radiometric and biostratigraphic calibration on the Pennsylvanian – Early Permian (Cisuralian) time scale and pan-Euramerican chronostratigraphic correlation. *Geological Society of America Bulletin*. 124. 549–577.
17. Wardlaw, B. R., Gallegos, D. M., Chernykh, V. V., Snyder, W. S. 2015: Early Permian conodont fauna and stratigraphy of the Garden Valley formation, Eureka County, Nevada. *Micropaleontology*. 61. 4–5. 389–387.
18. Zeng, J., Cao, C. C., Davydov, V. I., Shen, S. 2012: Carbon isotope stratigraphy and implications of paleoclimatic changes during the Cisuralian (Early Permian) in the Southern Urals, Russia: *Gondwana Research*. 21. 2–3. 601–610.
19. Zubin-Stathopoulos, K. D., Beaucham, B., Davydov, V. I., Henderson, C. M. 2013: Variability of Pennsylvanian – Permian Carbonate Association and implications for NW Pangea Paleogeography, east-central British Columbia, Canada. *Geological Society, London, Special Publication*. 376. 1. 47–72.

Котляр Галина Васильевна – вед. науч. сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия. <Galina_Kotlyar@vsegei.ru>

Kotlyar Galina Vasilevna – Leading Researcher, A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, 199106, Russia. <Galina_Kotlyar@vsegei.ru>