

Оригинальная статья

УДК 551.734+551.735

<https://doi.org/10.26907/2542-064X.2025.1.130-153>**Первые данные по изучению пограничных девонско-каменноугольных конодонтов в депрессионных отложениях Камско-Кинельской системы прогибов Восточно-Европейской платформы (Волго-Уральская нефтегазоносная провинция, Сарайлинская впадина)****Г.М. Сунгатуллина¹✉, В.В. Силантьев¹, Д.Н. Мифтахутдинова¹, А.Ф. Сафаров²,
М.Ф. Валидов¹, Б.Г. Ганиев³, К.Д. Шуматбаев³, Р.М. Хабилов³**¹ Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия² ТатНИПИнефть, ПАО «Татнефть», г. Альметьевск, Россия³ Татнефть-Добыча, ПАО «Татнефть», г. Альметьевск, Россия✉ Guzel.Sungatullina@kpfu.ru**Аннотация**

Изучение конодонтов из пограничных девонско-каменноугольных отложений двух скважин, расположенных в Сарайлинской впадине Камско-Кинельской системы прогибов, позволило установить зоны конодонтовой шкалы: зону *expansa* – в верхней части фаменского яруса, зоны *duplicata* и *quadruplicata* – в нижней части турне. Обе скважины между заведомо фаменскими и турнейскими отложениями включают интервалы, в которых платформенные конодонты не обнаружены. Данные интервалы охватывают конодонтовые зоны *praesulcata* (верхний фамен) и *sulcata* (основание турне) и, вероятно, отвечают событию глобального Хангенбергского вымирания. Анализ развития конодонтов на рубеже девона и карбона показывает кардинальную перестройку конодонтовых комплексов на рубеже фаменского и турнейского веков. Доминанты девонского периода – роды *Palmatolepis*, *Branmehla* и *Bispathodus* – в начале каменноугольного периода сменяются конодонтами рода *Siphonodella*. Представлены данные о распространении конодонтов и фототаблицы с изображениями стратиграфически важных видов.

Ключевые слова: девон, карбон, граница, фамен, турне, конодонты, Волго-Уральская провинция, Камско-Кинельская система прогибов.

Благодарности. Авторы благодарны старшему научному сотруднику кафедры палеонтологии МГУ им. М.В. Ломоносова Ю.А. Гатовскому и заведующему лабораторией стратиграфии Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН А.В. Журавлеву за консультации в ходе выполнения работ по изучению конодонтов; научному сотруднику Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета А.М. Рогову за исследование конодонтов методом сканирующей электронной микроскопии, студентам Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета А.С. Вандину и Б.М. Газизуллину за лабораторную обработку конодонтовых проб, а также компании ПАО «Татнефть» за предоставленные данные и разрешение на их использование в публикации.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению № 075-15-2022-299 в рамках программы создания и развития НЦМУ «Рациональное освоение запасов жидких углеводородов планеты»; фациальный анализ интервала,

отвечающего глобальному событию Хангенбергского вымирания, выполнен Д.Н. Мифтахутдиновой за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания проект № FZSM-2023-0023 в сфере научной деятельности.

Для цитирования: Сунгатуллина Г.М., Силантьев В.В., Мифтахутдинова Д.Н., Сафаров А.Ф., Валидов М.Ф., Ганиев Б.Г., Шуматбаев К.Д., Хабинов Р.М. Первые данные по изучению пограничных девонско-каменноугольных конодонтов в депрессионных отложениях Камско-Кинельской системы прогибов Восточно-Европейской платформы (Волго-Уральская нефтегазоносная провинция, Сарайлинская впадина) // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. 2025. Т. 167, кн. 1. С. 130–153. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2025.1.130-153>.

Original article

<https://doi.org/10.26907/2542-064X.2025.1.130-153>

First insights into the Devonian–Carboniferous boundary conodonts from the depression deposits of the Kama-Kinel Trough System, East European Platform (Volga-Ural petroleum province, Sarailinskaya Depression)

G.M. Sungatullina¹✉, V.V. Silantiev¹, D.N. Miftakhutdinova¹, A.F. Safarov², M.F. Validov¹, B.G. Ganiev³, K.D. Shumatbaev³, R.M. Khabipov³

¹ Kazan Federal University, Kazan, Russia

² TatNIPIneft, PJSC Tatneft, Almetyevsk, Russia

³ Tatneft-Dobycha, PJSC Tatneft, Almetyevsk, Russia

✉ Guzel.Sungatullina@kpfu.ru

Abstract

Conodonts from the Devonian–Carboniferous boundary deposits in two wells within the Sarailinskaya Depression of the Kama-Kinel Trough System were studied. The *expansa* conodont zone (Upper Famennian) was recognized, as well as the *duplicata* and *quadruplicata* conodont zones (Lower Tournaisian). Platform conodonts were absent in the intervals between the well-defined Famennian and Tournaisian deposits in both wells. These stratigraphic intervals span the *praesulcata* (uppermost Famennian) and *sulcata* (lowermost Tournaisian) conodont zones and are likely to be associated with the global Hangenberg Extinction Event. The conodont changes across the Devonian–Carboniferous boundary indicated a restructuring of the conodont assemblages between the Famennian and Tournaisian, with the dominant Devonian genera (*Palmatolepis*, *Branmehla*, and *Bispathodus*) replaced by the genus *Siphonodella* in the early Carboniferous. Data on the conodont distribution were presented, along with SEM images of index species.

Keywords: Devonian, Carboniferous, boundary, Famennian, Tournaisian, conodonts, Volga-Ural province, Kama-Kinel Trough System

Acknowledgements. We thank Yu.V. Gatovsky (Senior Researcher, Department of Paleontology, Moscow State University) and A.V. Zhuravlev (Head of Laboratory of Stratigraphy, Institute of Geology, FRC Komi Science Center, Ural Branch, Russian Academy of Sciences) for their advice during the analysis

of conodonts, A.M. Rogov (Researcher, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University) for SEM imaging of conodonts, A.S. Vandin and B.M. Gazizullin (Students, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University) for their assistance with the laboratory processing of conodont samples, and PJSC Tatneft for granting their consent to use and publish the essential data.

This study was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under agreement no. 075-15-2022-299 as part of the development program for the World-Class Research Center “Efficient development of the global liquid hydrocarbon reserves”. The facies analysis of the interval corresponding to the global Hangenberg Extinction Event was performed by D.N. Miftakhutdinova and funded by the subsidy allocated to Kazan Federal University for the state assignment in the sphere of scientific activities (project no. FZSM-2023-0023).

For citation: Sungatullina G.M., Silantiev V.V., Miftakhutdinova D.N., Safarov A.F., Validov M.F., Ganiev B.G., Shumatbaev K.D., Khabipov R.M. First insights into the Devonian–Carboniferous boundary conodonts from the depression deposits of the Kama-Kinel Trough System, East European Platform (Volga-Ural petroleum province, Sarailinskaya Depression). *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 2025, vol. 167, no. 1, pp. 130–153. <https://doi.org/10.26907/2542-064X.2025.1.130-153>. (In Russian)

Введение

Работа посвящена изучению конодонтов из пограничных отложений девонской и каменноугольной систем в депрессионных отложениях Сарайлинской впадины Камско-Кинельской системы прогибов (ККСП). Выбор данной группы фауны обусловлен тем, что конодонты давно и успешно используются в биостратиграфии морских разнофациальных отложений палеозоя Волго-Уральской нефтегазоносной провинции [1–9]. Пограничные девонско-каменноугольные отложения Сарайлинской впадины сложены преимущественно глинистыми, глинисто-алевритовыми, глинисто-карбонатными породами с высоким содержанием органического вещества. Такие породы обычно относят к так называемой доманиковой фации, рассматривая их как нефтематеринские породы и потенциальные источники нетрадиционного углеводородного сырья [10]. Это обстоятельство обуславливает актуальность изучения стратиграфии данного интервала.

Установление границы девонской и каменноугольной систем в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции является одной из сложных проблем в региональной стратиграфии из-за ряда объективных причин. К ним относятся осадконакопление в различных, часто сменяющих друг друга по латерали, структурно-фациальных обстановках от мелководного шельфа до глубоководных прогибов, неполнота геологической и палеонтологической летописи, в которую внесло свои коррективы Хангенбергское глобальное событие массового вымирания [11]. В связи с вышеперечисленными факторами в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции граница девона и карбона палеонтологически слабо охарактеризована и недостаточно изучена. Поэтому для ее установления в мелководных разрезах в практике геологоразведочных работ применяются в основном литологические признаки пород – она проводится по смене девонских карбонатных отложений терригенными образованиями турне с глинистым прослоем в базальной части яруса [12].

Фиксация этой границы в глубоководных депрессионных разрезах ККСП вызывает особые затруднения из-за отсутствия или редкости кернового материала [12]. В 2023 году был получен уникальный материал керна двух скважин 1494 (Первомайское) и 1915 (Бондюжское), вскрывших пограничные девонско-каменноугольные отложения Сарайлинской впадины, что позволило начать изучение конодонтов данного интервала. До настоящего времени наиболее важным положительным опытом использования конодонтов для установления границы девона и карбона являются данные Л.И. Кононовой по разрезу опорной скважины Мелекесс-1 [12]. В керне этой скважины, в верхней части фаменского яруса установлены виды, характерные для зон *expansa* и *Early praesulcata* стандартной конодонтовой шкалы, а в основании турнейского яруса последовательно выделены ассоциации конодонтов зон *sulcata* и *duplicata* [12]. Позже были детализированы данные по нижней части турнейского яруса скважины Мелекесс-1, в частности, выделены в нижней части турне слои с конодонтами *Siphonodella sulcata*, слои с конодонтами *Siphonodella duplicata* и слои с конодонтами *Siphonodella obsolete*–«*Dinodus* sp.» [13]. Это позволило провести корреляцию разреза скважины Мелекесс-1 с комплексами конодонтов Южного Урала [14] и гряды Чернышева [15].

1. Материал и методы исследования

Для изучения конодонтов было отобрано более 30 образцов горных пород из керна скважин 1494 (Первомайское) и 1915 (Бондюжское), расположенных в осевой части Сарайлинской впадины ККСП и в ее бортовой зоне соответственно (рис. 1). Преимущественно отбирали известняки и известковистые алевролиты. Почти все взятые для исследования породы характеризуются высоким содержанием органического вещества (далее при описании результатов внимание на этом не акцентируется). Средний вес каждого образца составил около 200 г.

Обработка проб выполнена в лаборатории кафедры палеонтологии и стратиграфии Института геологии и нефтегазовых технологий Казанского федерального университета с использованием стандартной методики растворения карбонатных пород в 10 %-ной уксусной кислоте [15, 16].

2. Результаты

Конодонты обнаружены в 16 образцах в количестве 311 экземпляров (192 – платформенных и 119 рамиформных элементов). Конодонты встречаются в основном в карбонатных породах. Алевролиты и аргиллиты, сложно поддающиеся дезинтеграции в уксусной кислоте, практически не содержат микрофауну. Вместе с конодонтами нерастворимый остаток породы включает радиолярии, раковины фораминифер, спикулы губок, сколекодонты, остракод, фрагменты створок беззамковых (лингулиды) и замковых (продуктиды) брахиопод, членики криноидей, зубы рыб, миоспоры. Совместные находки конодонтов и других фоссилий повышают корреляционный потенциал изученных отложений.

Стратиграфическое распространение конодонтов приведено ниже по отдельным интервалам (снизу вверх) каждой из изученных скважин.

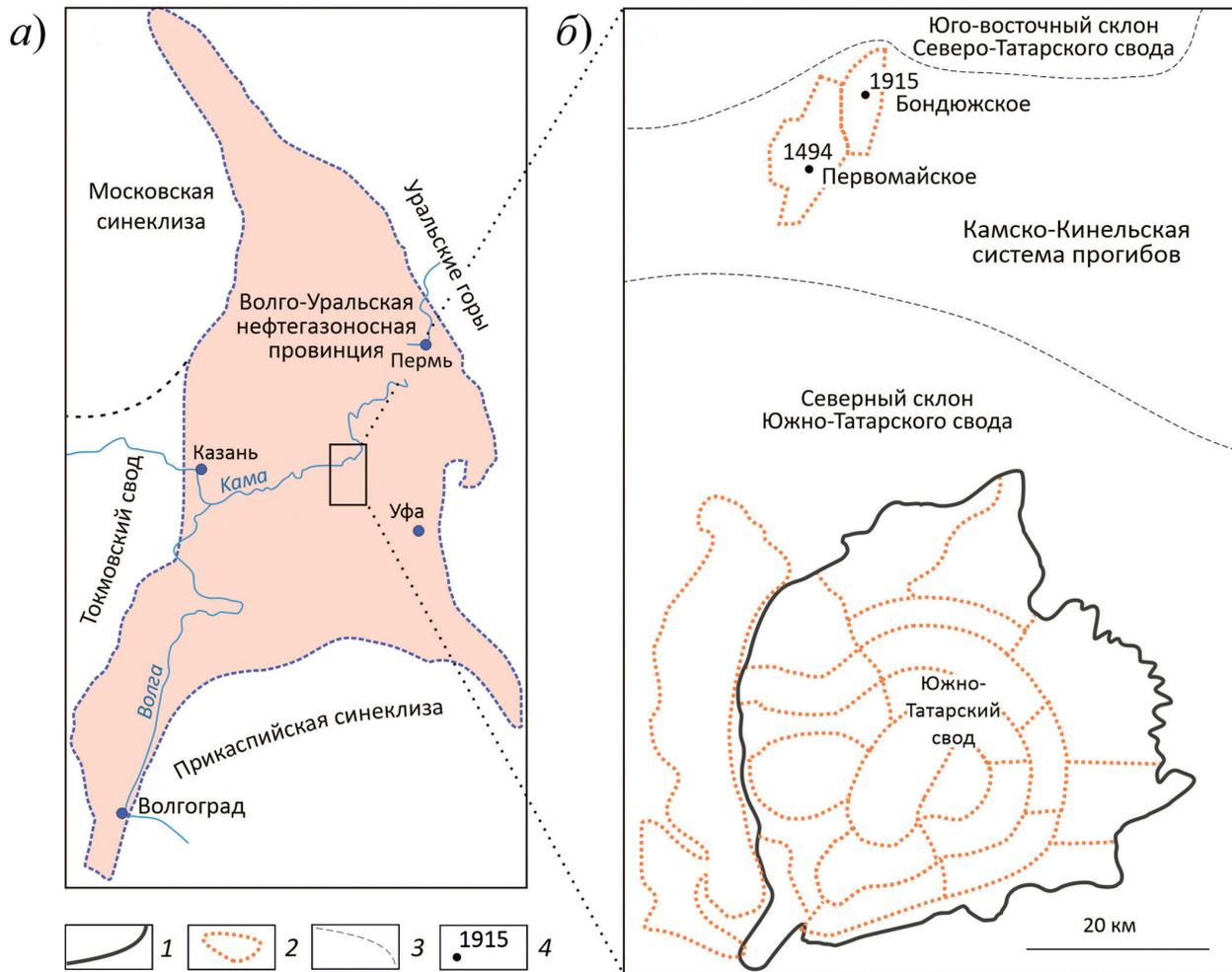


Рис. 1. Карты: а) обзорная карта-схема; б) местоположение изученных скважин (1 – граница Южно-Татарского свода, 2 – границы месторождений, 3 – границы Камско-Кинельской системы прогибов, 4 – изученные скважины)

Fig. 1. Maps: а) overview map; б) locations of the studied wells (1 – South Tatar Arch boundary, 2 – field boundaries, 3 – Kama-Kinel Trough System boundaries, 4 – studied wells)

Скважина 1494 (Первомайское) (рис. 2). Интервал 1479.91–1479.80 м сложен алевролитами и известняками с горизонтальной слоистостью; в нем встречаются сколекодонты, лингулиды, продуктиды, миоспоры. Обнаружены конодонты *Palmatolepis gracilis sigmoidalis* Ziegler, *Pal. sp.* и *Polygnathus sp.*, типичные для верхней части фаменского яруса (рис. 3). Данный уровень по присутствию *Pal. gracilis sigmoidalis* Ziegler условно можно отнести к зоне *expansa*.

Интервал 1479.80–1477.95 м представлен глинисто-карбонатными породами с высоким содержанием органического вещества; слоистость горизонтальная, линзовидная. Прослои и линзы карбонатных пород представлены микробиальными образованиями пластовой и столбчатой формы. На плоскостях пород встречаются редкие рамиформные элементы.

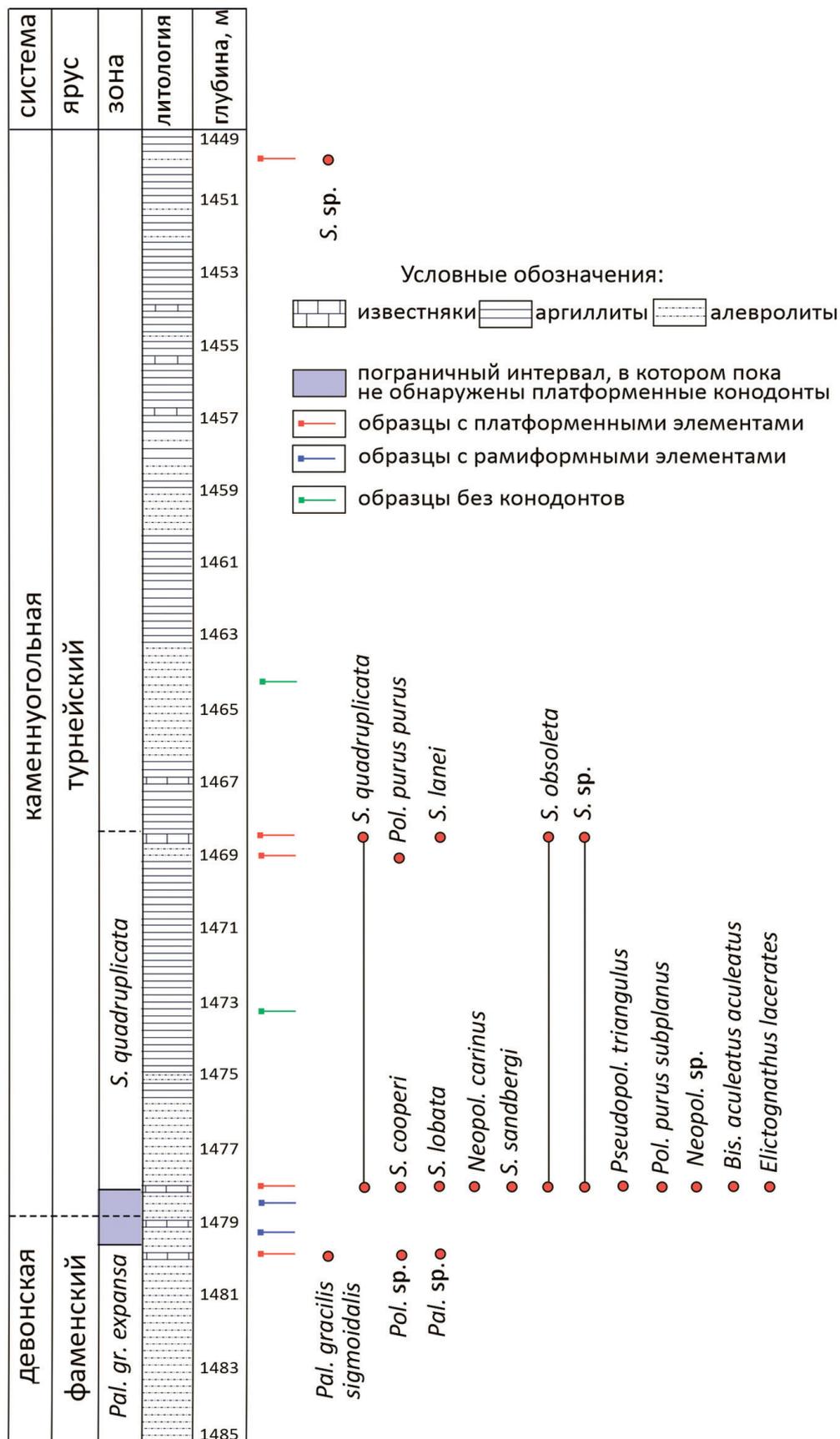


Рис. 2. Зональное расчленение разреза скважины 1494 (Первомайское)

Fig. 2. Stratigraphic log of well 1494 (Pervomayskoye)

Интервал 1477.95–1477.87 м сложен алевролитами и известняками с горизонтальной слоистостью. Состав комплекса конодонтов богатый, разнообразный и полностью обновленный, он включает формы, характерные для зоны *quadruplicata* турнейского яруса (рис. 3, 4): *Bispathodus aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl), *Elictognathus lacerates* (Branson et Mehl), *Neopolygnathus carinus* (Hass), *Neopol.* sp., *Polygnathus purus subplanus* Voges, *Pol.* sp., *Pseudopolygnathus triangulus* (Voges), *Siphonodella cooperi* Hass, *S. quadruplicata* (Branson et Mehl), *S. lobata* (Branson et Mehl), *S. obsoleta* Hass, *S. sandbergi* Klapper, *S.* sp.

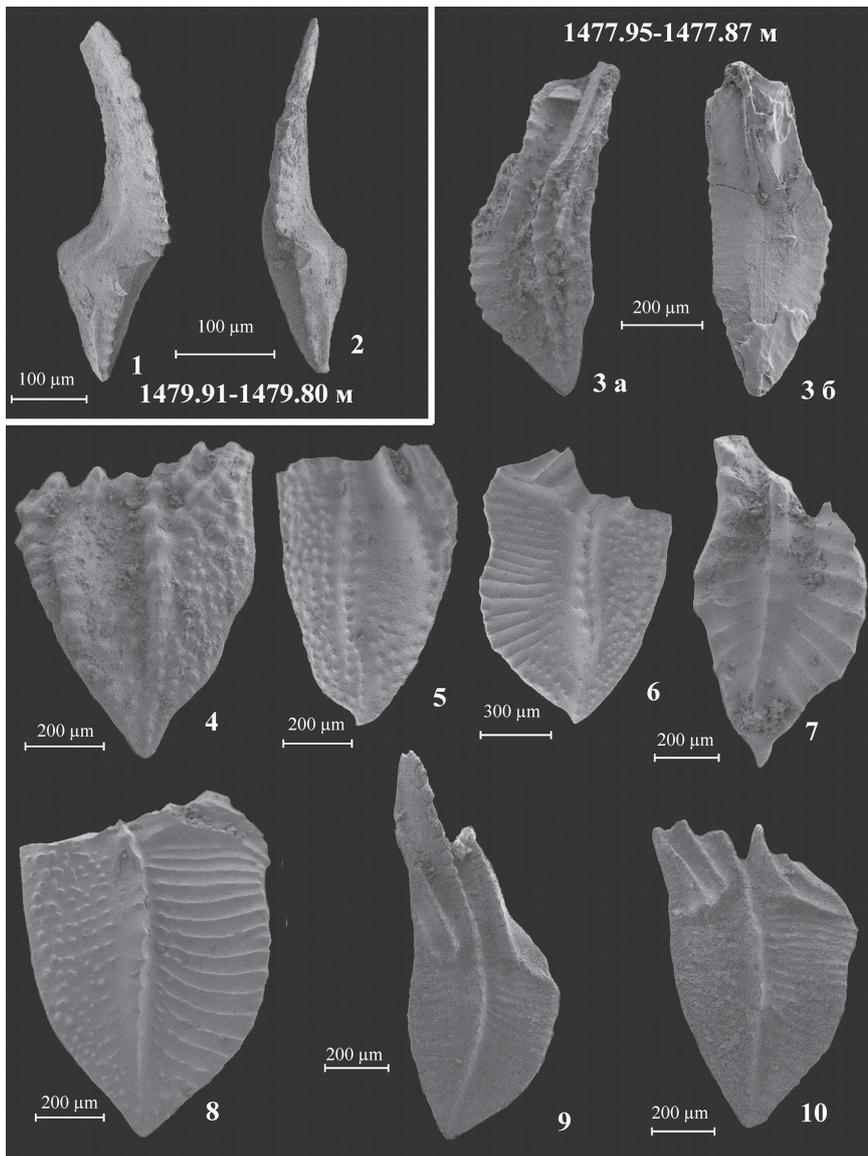


Рис. 3. Конодонты из девонских и каменноугольных отложений скважины 1494: 1–2 – *Palmatolepis gracilis sigmoidalis* Ziegler, гл. 1479.91–1479.8 м; 3–5 – *Siphonodella sandbergi* Klapper, гл. 1477.95–1477.87 м; 6, 8 – *Siphonodella* cf. *quadruplicata* (Branson et Mehl), гл. 1477.95–1477.87 м; 7 – *Siphonodella* cf. *duplicata* (Branson et Mehl), гл. 1477.95–1477.87 м; 9–10 – *Siphonodella quadruplicata* (Branson et Mehl), гл. 1477.95–1479.8 м

Fig. 3. Conodonts from the Devonian and Carboniferous deposits of well 1494: 1–2 – *Palmatolepis gracilis sigmoidalis* Ziegler, depth 1479.91–1479.8 m; 3–5 – *Siphonodella sandbergi* Klapper, depth 1477.95–1477.87 m; 6, 8 – *Siphonodella* cf. *quadruplicata* (Branson et Mehl), depth 1477.95–1477.87 m; 7 – *Siphonodella* cf. *duplicata* (Branson et Mehl), depth 1477.95–1477.87 m; 9–10 – *Siphonodella quadruplicata* (Branson et Mehl), depth 1477.95–1479.8 m

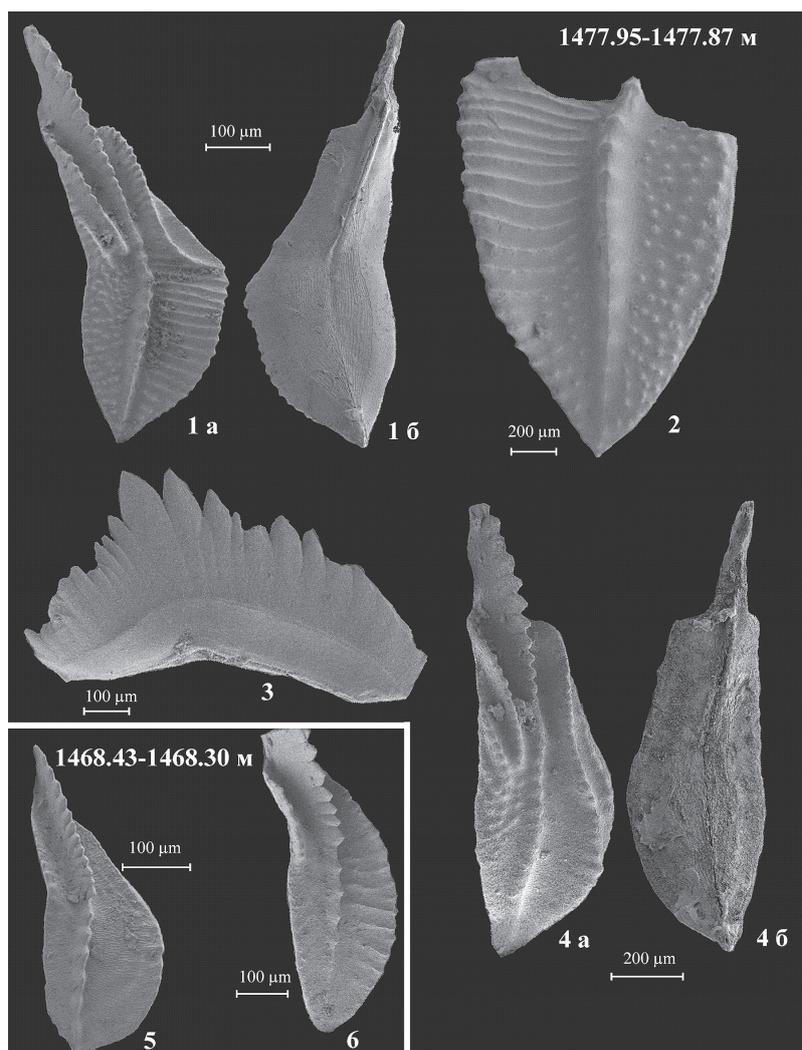


Рис. 4. Конодонты из каменноугольных отложений скважины 1494: 1 – *Siphonodella quadruplicata* (Branson et Mehl), гл. 1477.95–1479.8 м; 2 – *Siphonodella* sp., гл. 1477.95–1479.8 м; 3 – *Elictognathus lacerates* (Branson et Mehl), гл. 1477.95–1479.8 м; 4 – *Siphonodella sandbergi* Klapper, гл. 1477.95–1479.8 м; 5 – *Siphonodella* aff. *lanei* Zhuravlev et Plotitsyn, гл. 1468.43–1468.3 м; 6 – *Siphonodella* sp., гл. 1468.43–1468.3 м

Fig. 4. Conodonts from the Carboniferous deposits of well 1494: 1 – *Siphonodella quadruplicata* (Branson et Mehl), depth 1477.95–1479.8 m; 2 – *Siphonodella* sp., depth 1477.95–1479.8 m; 3 – *Elictognathus lacerates* (Branson et Mehl), depth 1477.95–1479.8 m; 4 – *Siphonodella sandbergi* Klapper, depth 1477.95–1479.8 m; 5 – *Siphonodella* aff. *lanei* Zhuravlev et Plotitsyn, depth 1468.43–1468.3 m; 6 – *Siphonodella* sp., depth 1468.43–1468.3 m

Интервал 1477.87–1468.85 м слагают алевролиты серые, темно-серые с линзовидной слоистостью. Конодонты не обнаружены.

Интервал 1468.85–1468.30 м представлен алевролитами с тонкими прослоями известняков, слоистость горизонтальная; присутствуют обломки раковин беззамковых и замковых брахиопод. Встречены единичные турнейские конодонты *Polygnathus purus purus* Voges, *Siphonodella quadruplicata* (Branson et Mehl), *S. lanei* Zhuravlev et Plotitsyn и *S. obsoleta* Hass.

Скважина 1915 (Бондюжское) (рис. 5). Интервал глубин 1398.18–1391.6 м сложен известняками и алевролитами с горизонтальной слоистостью. Органические остатки многочисленные и разнообразные: фораминиферы, спикулы губок, сколекодонты, остракоды, членики криноидей, раковины лингулид и продуктид, конодонты, зубы рыб. Конодонты

представлены видами и подвидами, характерными для зоны *expansa* фаменского яруса девонской системы: *Branmehla* aff. *disparilis* (Branson et Mehl), *Bispathodus* aff. *stabilis* (Branson et Mehl), *Mehlina* *strigosa* (Branson et Mehl), *Neopolygnathus* *carinus* (Hass), *Palmatolepis* *gracilis gracilis* Branson et Mehl, *Pal. gracilis expansa* Sandberg et Ziegler, *Pal. gracilis sigmoidalis* Ziegler, *Pseudopolygnathus* *marburgensis* Bischoff et Ziegler, *Pseudopol.* sp. (рис. 6).

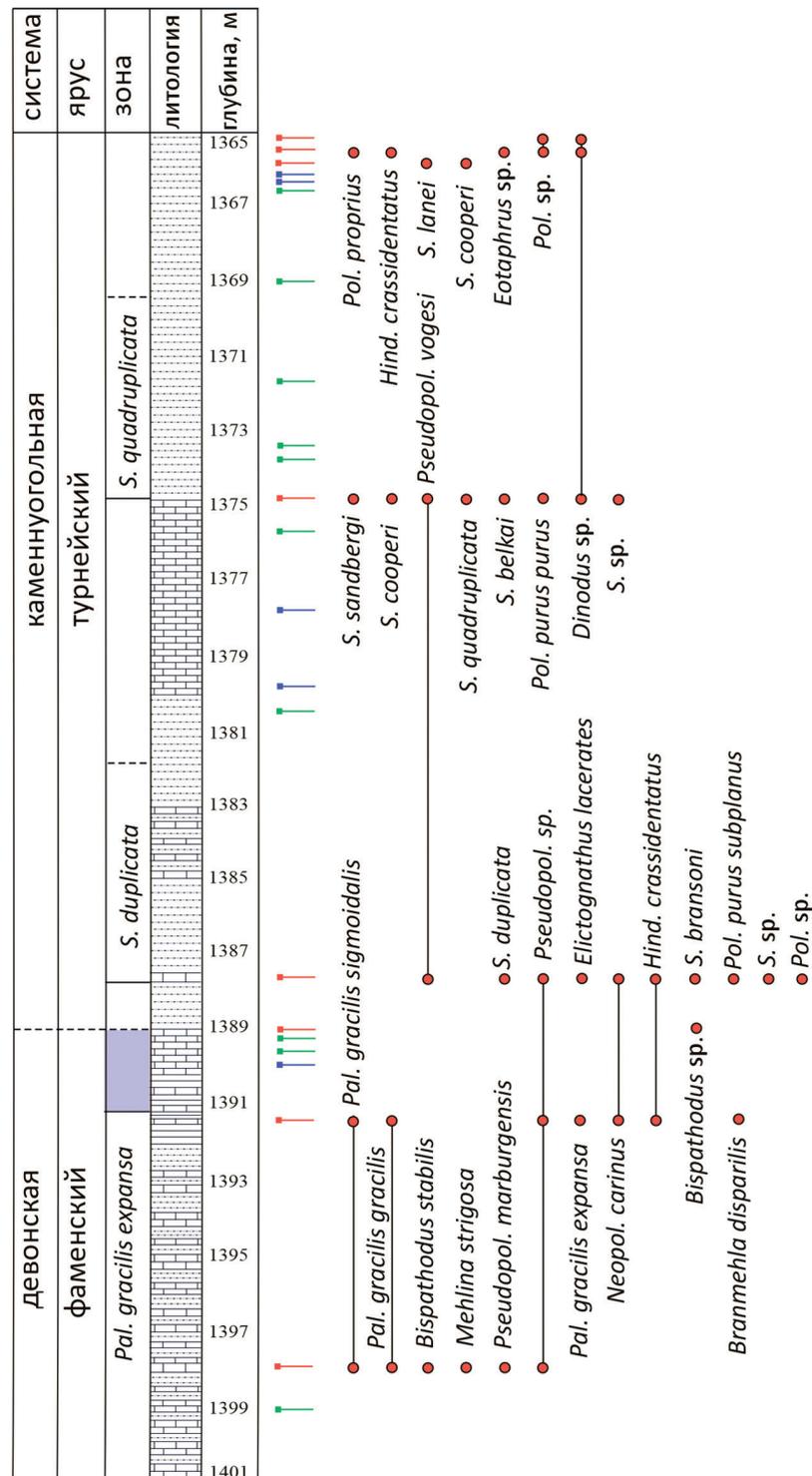


Рис. 5. Зональное расчленение разреза скважины 1915 (Бондюжское) (условные обозначения как на рис. 2)

Fig. 5. Stratigraphic log of well 1915 (Bonduzhskoe) (see Fig. 2 for the legend)

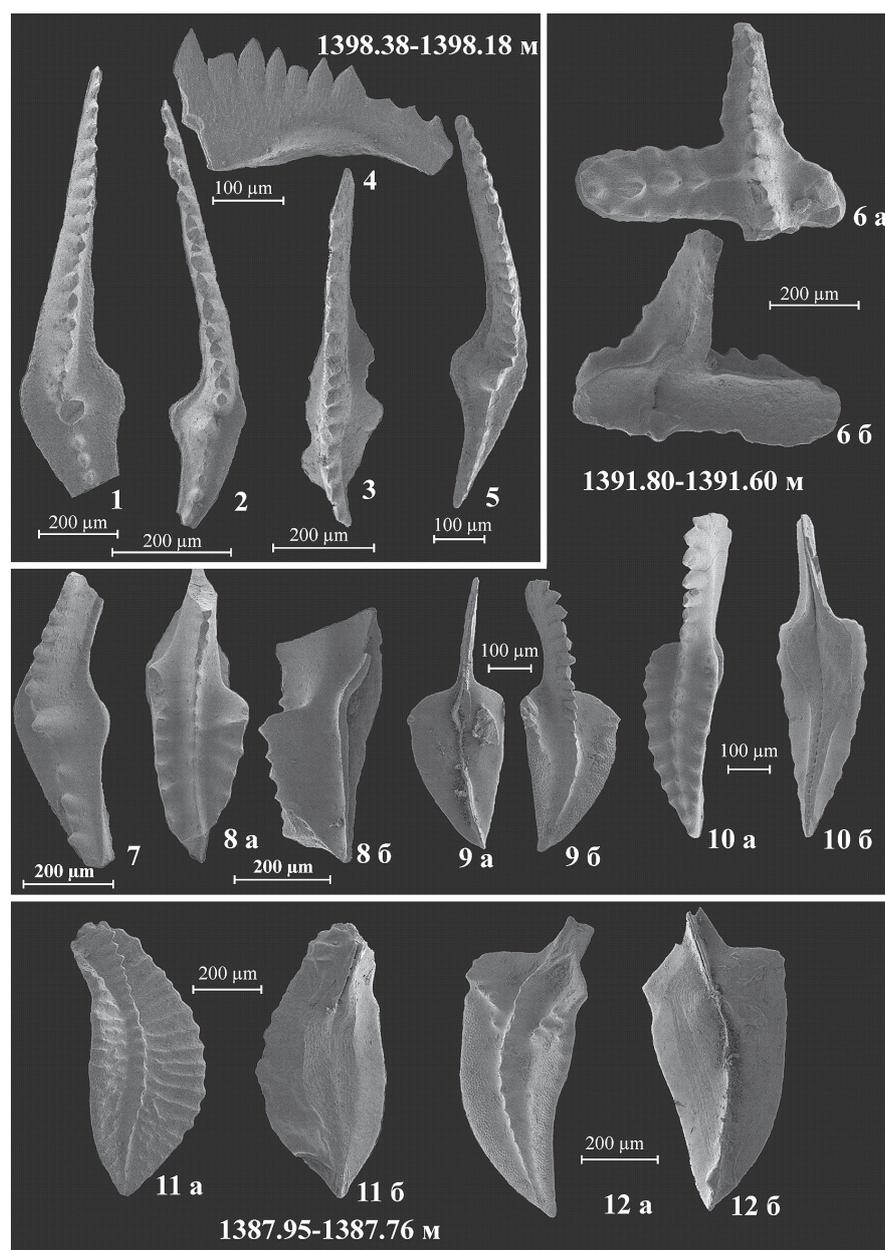


Рис. 6. Конодонты из девонских и каменноугольных отложений скважины 1915: 1, 5 – *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson et Mehl, гл. 1398.38–1398.18 м; 2 – *Palmatolepis gracilis sigmoidalis* Ziegler, гл. 1398.38–1398.18 м; 3 – *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl), гл. 1398.38–1398.18 м; 4 – *Bispathodus* sp., гл. 1398.38–1398.18 м; 6 – *Branmehla disparilis* (Branson et Mehl), гл. 1391.8–1391.6 м; 7 – *Palmatolepis gracilis expansa* Sandberg et Ziegler, гл. 1391.8–1391.6 м; 8 – *Pseudopolygnathus* sp., гл. 1391.8–1391.6 м; 9 – *Neopolygnathus carinus* (Hass), гл. 1391.8–1391.6; 10 – *Pseudopolygnathus* sp., гл. 1391.8–1391.6 м; 11 – *Siphonodella bransoni* Ji, гл. 1387.95–1387.76 м; 12 – *Pseudopolygnathus vogesi* Ziegler, гл. 1387.95–1387.76 м

Fig. 6. Conodonts from the Devonian and Carboniferous deposits of well 1915: 1, 5 – *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson et Mehl, depth 1398.38–1398.18 m; 2 – *Palmatolepis gracilis sigmoidalis* Ziegler, depth 1398.38–1398.18 m; 3 – *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl), depth 1398.38–1398.18 m; 4 – *Bispathodus* sp., depth 1398.38–1398.18 m; 6 – *Branmehla disparilis* (Branson et Mehl), depth 1391.8–1391.6 m; 7 – *Palmatolepis gracilis expansa* Sandberg et Ziegler, depth 1391.8–1391.6 m; 8 – *Pseudopolygnathus* sp., depth 1391.8–1391.6 m; 9 – *Neopolygnathus carinus* (Hass), depth 1391.8–1391.6; 10 – *Pseudopolygnathus* sp., depth 1391.8–1391.6 m; 11 – *Siphonodella bransoni* Ji, depth 1387.95–1387.76 m; 12 – *Pseudopolygnathus vogesi* Ziegler, depth 1387.95–1387.76 m

Интервал 1391.6–1387.95 м представлен глинисто-карбонатными породами с высоким содержанием органического вещества; слоистость горизонтальная, линзовидная. Прослои и линзы карбонатных пород представлены микробиальными образованиями пластовой и столбчатой формы. На плоскостях пород встречаются редкие рамиформные элементы и фрагменты мелких раковин продуктид.

Интервал 1387.95–1387.76 м представлен алевролитами известковистыми с тонкими прослоями известняков. Конодонтовый комплекс почти полностью обновляется, он включает виды и подвиды, типичные для турнейского яруса каменноугольной системы (зона *duplicata*): *Hindeodus* cf. *crassidentatus* (Branson et Mehl), *Elictognathus lacerates* (Branson et Mehl), *Polygnathus purus subplanus* Voges, *Pol.* sp., *Pseudopolygnathus vogesi* Ziegler, *Pseudopol.* sp., *Siphonodella bransoni* Ji, *S. duplicata* (Branson et Mehl), *S.* sp. (рис. 6). Из транзитных форм встречен только *Neopolygnathus carinus* (Hass). Сопутствующая фауна представлена радиоляриями и криноидеями.

Интервал 1387.76–1375.00 м сложен серыми и темно-серыми известняками и алевролитами с горизонтальной слоистостью. Присутствуют продуктиды, лингулиды и орбикулоидеи. В растворенных пробах конодонты не обнаружены, но на отдельных поверхностях напластования зафиксированы редкие обломки рамиформных элементов.

Интервал 1375.00–1374.80 м представлен известняками серыми и темно-серыми с линзовидной слоистостью. Здесь наблюдается существенная смена конодонтов, из нижележащих отложений проходит только *Pseudopolygnathus vogesi* Ziegler. Все остальные формы появляются впервые и характеризуют зону *quadruplicata* турнейского яруса карбона, это *Dinodus* sp., *Polygnathus purus purus* Voges, *Siphonodella belkai* Dzik, *S. cooperi* Hass, *S. quadruplicata* (Branson et Mehl), *S. sandbergi* Klapper (рис. 7).

Интервал 1374.80–1365 м слагают алевролиты темно-серые с линзовидной слоистостью. Встречены редкие, преимущественно ювенильные формы конодонтов *Dinodus* sp., *Eotaphrus* sp., *Hindeodus crassidentatus* (Branson et Mehl), *Polygnathus proprius* Kononova et Pistshikova, *Pol.* sp., *Siphonodella cooperi* Hass, *S. lanei* Zhuravlev et Plotitsyn, характерные для турнейских отложений. Сопутствующая фауна – остракоды, трилобиты, криноидеи, лингулиды, орбикулоидеи и продуктиды.

3. Обсуждение результатов

3.1. Зональное расчленение девонско-каменноугольного интервала. В биостратиграфии девонской и каменноугольной систем конодонты по праву являются одной из важнейших руководящих групп фауны, по которым во многих регионах мира разработаны зональные шкалы разной степени детальности и площади распространения (от местных до региональных и глобальных) [1–4, 12, 18–34]. Зональная схема для фаменского яруса основана главным образом на филогении рода *Palmatolepis* [18, 23, 30]. Зональное расчленение верхней части фамена и нижней части турне базируется на эволюционном развитии рода *Siphonodella* (рис. 8) [35]. Для зонального расчленения девонско-каменноугольного интервала использовались стандартные зональные конодонтовые шкалы: для верхнего девона шкала Циглера и Сандберга 1990 г. [30], для турнейского яруса – Российская конодонтовая зональная шкала, принятая в 2002 г. [35]. Биостратиграфический анализ распределения конодонтов по разрезам изученных скважин позволил выделить последовательно сменяющиеся друг друга следующие зональные комплексы.

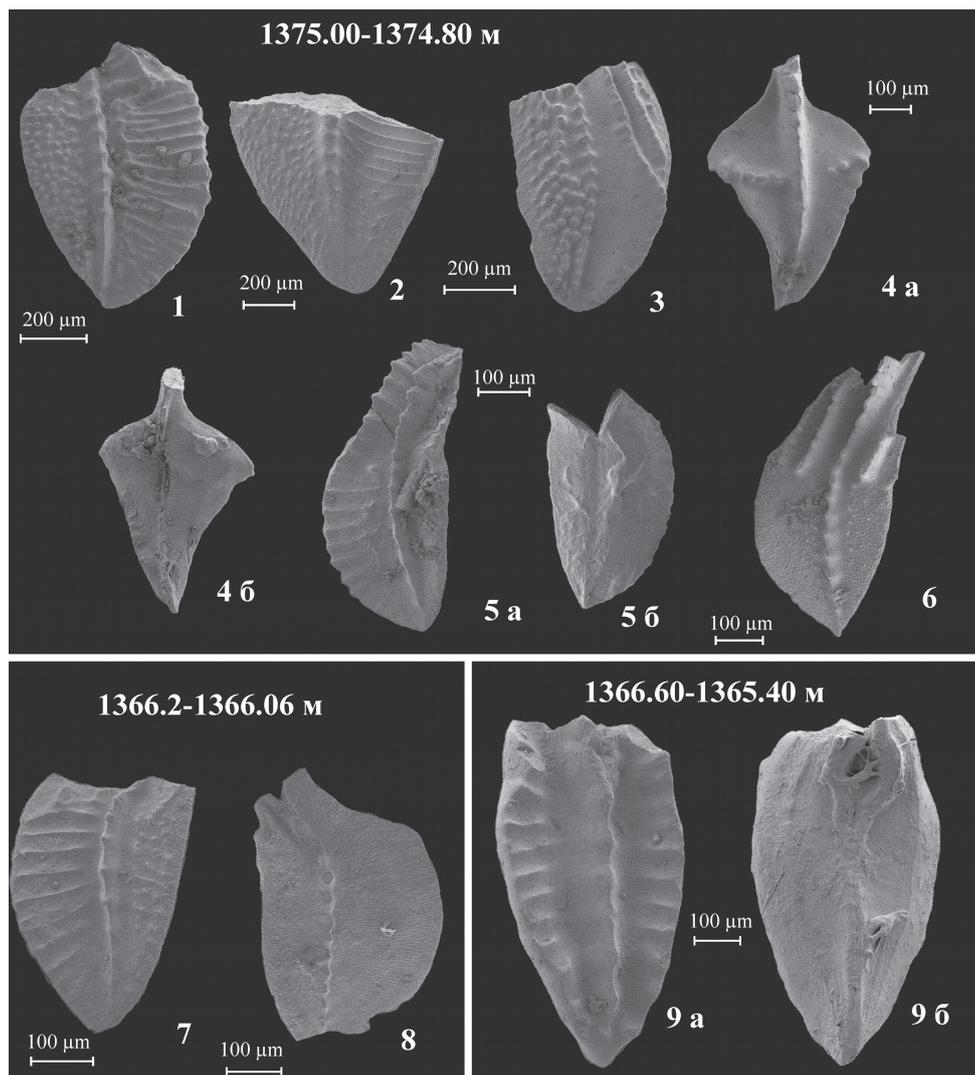


Рис. 7. Конодонты из каменноугольных отложений скважины 1915: 1, 2 – *Siphonodella* sp., гл. 1375.0–1374.8 м; 3 – *Siphonodella* cf. *sandbergi* Klapper, гл. 1375.0–1374.8 м; 4 – *Pseudopolygnathus vogesi* Ziegler, гл. 1375.0–1374.8 м; 5 – *Siphonodella cooperi* Hass, гл. 1375.0–1374.8 м; 6 – *Siphonodella belkai* Dzik, гл. 1375.0–1374.8 м; 7 – *Siphonodella cooperi* Hass, гл. 1366.20–1366.06 м; 8 – *Siphonodella lanei* Zhuravlev et Plotitsyn, гл. 1366.20–1366.06 м; 9 – *Polygnathus* sp., гл. 1366.60–1365.4 м

Fig. 7. Conodonts from the Carboniferous deposits, well 1915: 1, 2 – *Siphonodella* sp., depth 1375.0–1374.8 m; 3 – *Siphonodella* cf. *sandbergi* Klapper, depth 1375.0–1374.8 m; 4 – *Pseudopolygnathus vogesi* Ziegler, depth 1375.0–1374.8 m; 5 – *Siphonodella cooperi* Hass, depth 1375.0–1374.8 m; 6 – *Siphonodella belkai* Dzik, depth 1375.0–1374.8 m; 7 – *Siphonodella cooperi* Hass, depth 1366.20–1366.06 m; 8 – *Siphonodella lanei* Zhuravlev et Plotitsyn, depth 1366.20–1366.06 m; 9 – *Polygnathus* sp., depth 1366.60–1365.4 m

Зона *expansa* в стандартной конодонтовой шкале выделена в верхней части фаменского яруса девонской системы [18, 30]. В изученных скважинах зона охарактеризована конодонтами *Branmehla disparilis* (Branson et Mehl), *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl), *Mehlina strigosa* (Branson et Mehl), *Neopolygnathus carinus* (Hass), *Palmatolepis gracilis expansa* Sandberg et Ziegler (зональный вид), *Pal. gracilis gracilis* Branson et Mehl, *Pal. gracilis sigmoidalis* Ziegler, *Polygnathus* sp., *Pseudopolygnathus marburgensis* Bischoff et Ziegler. Все перечисленные конодонты в изученных скважинах встречаются только в фаменских отложениях, а в породах турнейского яруса не обнаружены. Отложения, соответствующие данной зоне, выделены в скважине 1915 – в интервале глубин 1398.18–1391.6 м, где встречены все

вышеперечисленные виды и подвиды. В скважине 1494 (интервал глубин 1479.91–1479.80 м) зональный комплекс конодонтов не содержит вид-индекс, но включает характерную форму *Palmatolepis gracilis sigmoidalis* Ziegler, поэтому зона выделена условно. Близкая ассоциация конодонтов описана Л.И. Кононовой из фаменских отложений (зоны *expansa* – *Early praesulcata*) скважины Мелекесс-1 [12, 13], а также В.Н. Пазухиным на Южном Урале в верхней части зон *expansa*, *Early* и *Middle praesulcata* [36, 37].

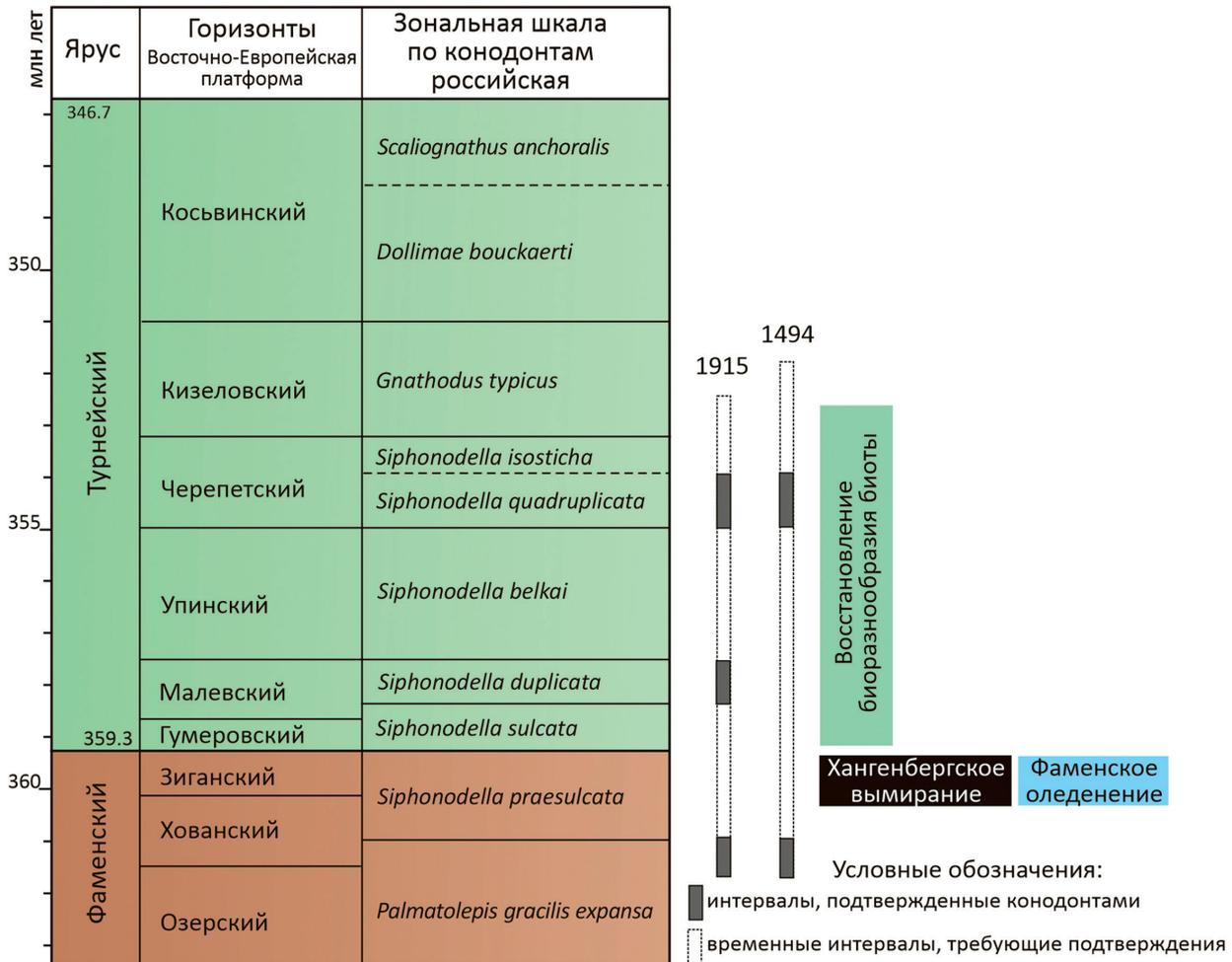


Рис. 8. Соотношение интервалов изученных скважин с зональной конодонтовой шкалой; хронологическая шкала дана по [22, 23]

Fig. 8. Correlation of the stratigraphic intervals in the studied wells with the zonal conodont scale; the chronological scale is based on [22, 23]

Выше в конодонтовой шкале располагаются зоны *Siphonodella praesulcata* (верхний фамен) и *Siphonodella sulcata* (нижняя часть турнейского яруса) [18, 30, 35]. В изученных скважинах конодонты, характерные для данных зон, пока не обнаружены. По данным Л.И. Кононовой, в турнейских отложениях скважины Мелекесс-1 присутствует комплекс конодонтов зоны *sulcata* [12, 21], также она выделена В.Н. Пазухиным на Южном Урале [36, 37].

Зона *Siphonodella duplicata* стандартной конодонтовой шкалы в скважине 1915 установлена в интервале глубин 1387.95–1387.76 м. Конодонтовый комплекс включает *Siphonodella duplicata* Branson et Mehl (зональный вид), *Hindeodus* cf. *crassidentatus* (Branson et Mehl),

Elictognathus lacerates (Branson et Mehl). Близкий по составу комплекс описан из одноименной зоны на Южном Урале [37]. Также зона, представленная видами *Protognathodus collinsoni* Ziegler и *Siphonodella duplicata* (Branson et Mehl), выделена Л.И. Кононовой в скважине Мелекес-1 [12, 13, 21]. В скважине 1494 конодонты, типичные для зоны *duplicata*, не обнаружены.

Вслед за зоной *Siphonodella duplicata* в стандартной конодонтовой шкале [18, 30, 35] следует зона *Siphonodella belkae* (рис. 8). В изученных скважинах эта зона пока не установлена.

Комплексы конодонтов зоны *Siphonodella quadruplicata*, расположенной выше в конодонтовой шкале, в изученных скважинах существенно различаются как по разнообразию видов, так и по количеству экземпляров. Зональный комплекс конодонтов в скважине 1494 (гл. 1477.95–1477.87 м) более богат и разнообразен (рис. 2), здесь присутствуют *Bispathodus aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl), *Neopolygnathus* sp., *Polygnathus purus subplanus* Voges, *Pseudopolygnathus triangulus* (Voges), *Siphonodella cooperi* Hass, *S. quadruplicata* (Branson et Mehl) (зональный вид), *S. lobata* (Branson et Mehl), *S. obsoleta* Hass и *S. sandbergi* Klapper. В скважине 1915 зона установлена в интервале глубин 1375.00–1374.80 м и включает зональный вид *Siphonodella quadruplicata* (Branson et Mehl) и сопутствующие формы: *Dinodus* sp., *Polygnathus purus purus* Voges, *Pseudopolygnathus vogesi* Ziegler, *Siphonodella belkai* Dzik, *S. cooperi* Hass и *S. sandbergi* Klapper (рис. 5). Аналогичная ассоциация конодонтов встречена в выделенной В.Н. Пазухиным на Южном Урале зоне *quadruplicata* [36, 37].

Выше в изученных скважинах конодонты встречаются редко, представлены преимущественно обломками рамиформных элементов и ювенильными формами, в связи с чем возраст определен как турнейский ярус карбона без указания конодонтовых зон. В скважине 1915 (гл. 1374–1365 м) встречены *Dinodus* sp., *Eotaphrus* sp., *Hindeodus crassidentatus* (Branson et Mehl), *Polygnathus proprius* Kononova et Pistshikova, *Siphonodella cooperi* Hass, *S. lanei* Zhuravlev et Plotitsyn. В скважине 1492 (гл. 1468.85–1468.30 м) присутствуют *Polygnathus purus purus* Voges, *Siphonodella quadruplicata* (Branson et Mehl), *S. lanei* Zhuravlev et Plotitsyn и *S. obsoleta* Hass.

Таким образом, в изученных скважинах установлены зоны стандартной конодонтовой шкалы. В скважине 1494 – это зоны *expansa* и *quadruplicata*. Они разделены не содержащим платформенные конодонты двухметровым интервалом, сформировавшимся примерно за 6 млн лет и отвечающим в конодонтовой шкале зонам *praesulcata*, *sulcata*, *duplicata* и *belkae* (рис. 8). Подобные низкие скорости осадконакопления (около 0.0003 мм/год) свойственны для сверхконденсированных глубоководных разрезов. Это согласуется с положением скважины 1494 в осевой зоне ККСП.

В скважине 1915 имеется два интервала, разделенных зоной *duplicata*, в которых конодонты пока не обнаружены (рис. 8). Первый (нижний) трехметровый интервал, продолжительностью около 2.5 млн лет [22, 23], предположительно охватывает зоны *praesulcata* и *sulcata* (рис. 8). Второй интервал характеризуется отсутствием конодонтов зоны *belkai*, что, скорее всего, связано с недостаточной степенью изученности кернового материала на данном этапе исследования. О перспективности обнаружения зонального вида *Siphonodella belkai* Dzik говорят его находки в вышележащих отложениях зоны *quadruplicata*. Данная скважина расположена ближе к склоновой части ККСП, поэтому здесь можно ожидать менее конденсированный разрез.

Наличие в изученных разрезах интервалов, где конодонты и другая микрофауна пока не встречены, может быть связано с особенностями отбора проб на микрофаунистический анализ из ядерного материала. Отбор выполняется преимущественно «вслепую»; только иногда встречаются крупные экземпляры конодонтов на плоскостях напластования. Кроме того, образцы ограничены диаметром ядра по латерали и имеют небольшой вес (около 200 г), что не всегда является достаточным для выделения конодонтов. Иногда отсутствие конодонтов может быть связано с характером седиментации (наличие течений, переотложение и перемыв осадков и др.), фаціальными особенностями осадконакопления (в осевой части ККСП условия менее благоприятны для обитания различных групп фауны, поэтому и конодонты, являющиеся хищниками, встречаются реже).

Наблюдаемое нами уменьшение количества и разнообразия конодонтов в интервалах, прилегающих к границе между девоном и карбоном, может быть связано с Хангенбергским глобальным вымиранием, которое оказалось губительным не только для бентосных, но и нектонных обитателей девонских морей [38]. Результатом данного вымирания стал крупнейший биотический кризис, который привел к существенной перестройке конодонтовых комплексов на рубеже фаменского и турнейского веков.

3.2. Граница между девонской и каменноугольной системами. На данном этапе исследования в каждой скважине удалось установить интервалы глубин, между которыми располагается граница девонской и каменноугольной систем. В скважине 1494 (Первомайское) этот интервал имеет мощность 1.85 м и зафиксирован на гл. 1479.80–1477.95 м (рис. 2). В скважине 1915 (Бондюжское) пограничный интервал, мощностью 3 м, установлен на гл. 1391–1387.95 м (рис. 5). Указанные интервалы пока не охарактеризованы палеонтологическими данными; в настоящее время начата работа по выделению из них конодонтов и другой микрофауны. Установленные в изученных скважинах пограничные интервалы девона и карбона уже сейчас являются положительным результатом в практической стратиграфии Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.

3.3. История развития конодонтов. В изученных разрезах четко прослежена этапность в развитии конодонтов, разделенная Хангенбергским глобальным событием массового вымирания. Так, девонский период характеризуется развитием родов *Palmatolepis*, *Branmehla* и *Bispathodus*. Встреченные здесь конодонты *Palmatolepis gracilis expansa* Sandberg et Ziegler, *Pal. gracilis gracilis* Branson et Mehl, *Pal. gracilis sigmoidalis* Ziegler и *Branmehla disparilis* (Branson et Mehl) пользуются широким распространением и дают возможность не только уверенно датировать вмещающие отложения, но и проводить глобальную корреляцию разрезов Сарайлинского прогиба. Преобладание пальматолеписов в составе конодонтовых комплексов характерно для глубоководных фаций открытого моря. Все девонские конодонты обладают хорошей сохранностью, не несут следов переотложения и транспортировки, в комплексах присутствуют многочисленные рамиформные элементы и скелетные остатки бентосной фауны (губки, сколекодонты, остракоды, криноидеи, брахиоподы), что может свидетельствовать о спокойной гидродинамической обстановке и нормальной солености девонского палеобассейна.

В каменноугольном периоде состав конодонтовых комплексов кардинально обновляется. Начало турнейского века характеризуется расцветом рода *Siphonodella*, быстро эволюционирующие виды которого дают возможность широкого использования конодонтов для зонального расчленения турнейского яруса. В изученных разрезах сифоноделлы многочис-

ленны и представлены зональными видами широкого распространения, что позволило выделить зоны стандартной конодонтовой шкалы.

В отложениях зон *duplicata* и *quadruplicata* нижней части турнейского яруса доминируют крупные экземпляры сифоноделл; передняя часть платформы у таких форм часто сломана. Рамиформные разновидности встречаются крайне редко. Преобладание сифоноделл свидетельствует о глубоководной обстановке. Сортировка конодонтового материала может указывать на осадконакопление в относительно подвижной морской среде. Сопутствующая фауна, представленная преимущественно радиоляриями – планктонными организмами, свидетельствует либо о значительной глубине бассейна, либо о его аноксии, препятствующей обитанию бентосных организмов.

В скважине 1915 вверх по разрезу турне, выше зоны *quadruplicata* (гл. 1366.60–1365.4 м), наблюдается постепенное сокращение количества *Siphonodella* и появление полигнатусов, характерных для более мелководных обстановок. Это может указывать на постепенное обмеление бассейна. В данной части изученного интервала присутствуют в основном ювенильные формы, что может свидетельствовать в целом о неблагоприятной обстановке для обитания конодонтов в это время.

Полученные данные по зональному расчленению пограничных девонско-каменноугольных отложений в целом подтверждают и дополняют материалы Унифицированной стратиграфической схемы нижнего карбона Волго-Уральского субрегиона, утвержденной в 2023 г. [12]. Вместе с тем они выявили ряд проблем в региональной стратиграфии, из которых самой существенной является стратиграфический объем свит, отвечающих сарайлинской толще. В настоящее время в осевых зонах ККСП нефтематеринской сарайлинской толще соответствуют малокустовская свита (гумеровский, малевский и упинский горизонты) и маркетовская свита (черепетский и кизеловский горизонты) (рис. 9). В бортовых зонах сарайлинской толще соответствуют малокустовская свита и нижняя часть пилюгинской свиты (черепетский и кизеловский горизонты).

В изученных скважинах исследуемый интервал, рассматриваемый как сарайлинская толща, согласно Унифицированной схеме, включает две свиты: малокустовскую и маркетовскую. В скважине 1915 маркетовская свита (зона *quadruplicata*) отличается от подстилающей малокустовской более глинистым составом пород. В скважине 1494 граница между этими свитами литологически не выражена и может быть определена только по конодонтам, что противоречит смыслу выделения свит. Вероятно, последующие исследования должны скорректировать объемы малокустовской и маркетовской свит Унифицированной схемы нижнего карбона.

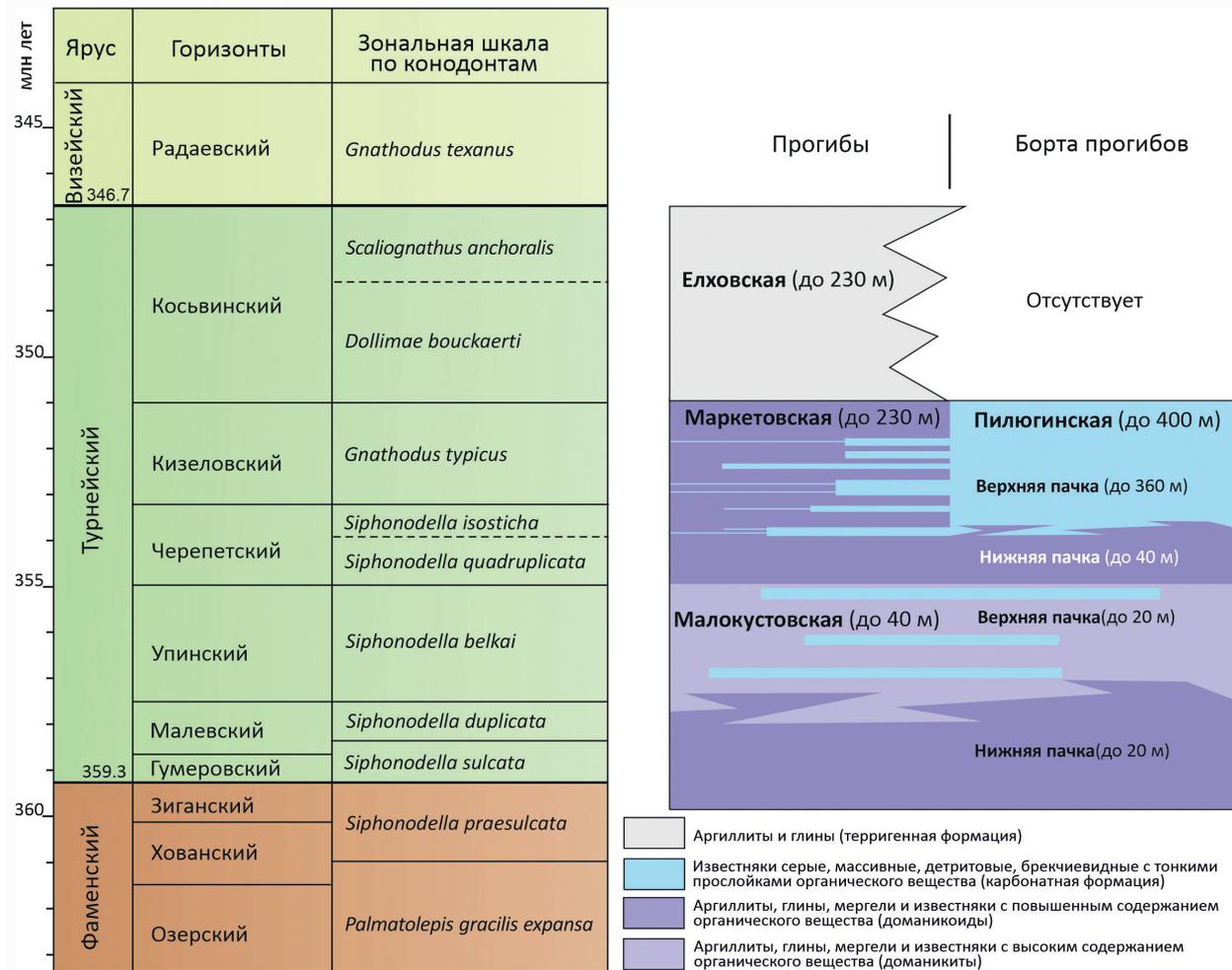


Рис. 9. Соотношение сарайлинской толщи со свитами Унифицированной стратиграфической схемы нижнего карбона Волго-Уральского субрегиона, утвержденной в 2023 г. [12]; хронологическая шкала дана по [22, 23]

Fig. 9. Correlation of the Sarailinskaya Formation with the formations of the Unified Stratigraphic Scheme for the Lower Carboniferous of the Volga-Ural subregion approved in 2023 [12]; the chronological scale is based on [22, 23]

Заключение

1. В пограничных девонско-каменноугольных отложениях скв. 1494 (Первомайское) и скв. 1915 (Бондюжское) Сарайлинского прогиба ККСП определены конодонтовые зоны стандартной конодонтовой шкалы: в верхней части фамена – зона *expansa*, в нижней части турне – зоны *duplicata* и *quadruplicata*.

2. Между выделенными зональными подразделениями девона и карбона в обеих скважинах имеется интервал, который предположительно отвечает конодонтовым зонам *praesulcata* (верхний фамен) и *sulcata* (основание турне), то есть пограничным зонам девонской и каменноугольной систем. В скважине 1494 этот интервал зафиксирован на гл. 1479.80–1477.95 м и имеет мощность 1.85 м. В скважине 1915 этот интервал, мощностью 3 м, определен на гл. 1391.60–1387.95 м.

3. Анализ истории развития конодонтов на рубеже девона и карбона в изученных скважинах показывает, что в конце фамена преобладают роды *Palmatolepis*, *Branmehla* и *Bispathodus*, а в начале каменноугольного периода доминирует род *Siphonodella*.

4. Отложения фаменского и нижней части турнейского ярусов Сарайлинской впадины ККСП формировались в глубоководной морской обстановке. В течение турнейского века отмечено постепенное обмеление морского бассейна.

5. Результаты работы позволили выявить наличие проблемных стратиграфических интервалов, предположительно соответствующих зонам *praesulcata*, *sulcata* и *belkae* стандартной конодонтовой шкалы и отличающихся уменьшением количества и разнообразия конодонтов. Эти интервалы требуют более детального отбора проб и дополнительного изучения.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest. The authors declare no conflicts of interest.

Литература

1. Халымбаджа В.Г. Конодонты верхнего девона востока Русской платформы, Южного Тимана, Полярного Урала и их стратиграфическое значение. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1982. 85 с.
2. Халымбаджа В.Г. Этапы развития конодонтов в позднем девоне // Бюлл. МОИП. Отдел. геол. 2001. Т. 76, Вып. 5. С. 33–37.
3. Халымбаджа В.Г., Чернышева Н.Г. Конодонты верхнедевонских отложений Волго-Камского края и их стратиграфическое значение // Труды геологич. ин-та г. Казани. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1969. Вып. 24. С. 155–158.
4. Халымбаджа В.Г., Чернышева Н.Г. Стратиграфическое значение конодонтов верхнего девона Волго-Камского края и возможности их использования для межрегиональной корреляции // Доклады АН СССР. 1969. Т. 184, № 5. С. 1170–1173.
5. Халымбаджа В.Г., Чернышева Н.Г. Конодонты рода *Ancyrodella* из девонских отложений Волго-Камского края и их стратиграфическое значение // Биостратиграфия и палеонтология палеозойских отложений Востока Русской платформы и Западного Приуралья. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1970. С. 81–103.
6. Халымбаджа В.Г., Чернышева Н.Г. Конодонты рода *Belodella* из верхнедевонских отложений Волго-Камского края // Биостратиграфия и палеонтология палеозойских отложений Востока Русской платформы и Западного Приуралья. Казань: Изд-во Казанск. ун-та. 1970. С. 104–116.
7. Сунгатуллина Г.М. Эволюция конодонтов в среднем и позднем карбоне на востоке Русской плиты // Новости палеонтологии и стратиграфии. 2008. Т. 49, Вып. 10–11. С. 52–56.
8. Сунгатуллина Г.М. Биостратиграфия верхнекаменноугольных отложений востока Русской плиты // Учен. зап. КГУ. Естеств. науки. 2008. Т.150, кн. 3. С. 183–197.
9. Sungatullina G.M. Determination of the Bashkirian–Moscovian boundary in the Volga region via conodont species *Declinognathodus donetzianus* Nemirovskaya // Geol. Mag. 2014. V. 151, No 2. P. 299–310. <https://doi.org/10.1017/S001675681300112X>.
10. Ступакова А.В., Калмыков Г.А., Коробова Н.И., Фадеева Н.П., Гатовский Ю.А., Сулова А.А., Сауткин Р.С., Пронина Н.В., Большакова М.А., Завьялова А.П., Чупахина В.В., Петракова Н.Н., Мифтахова А.А. Доманиковые отложения Волго-Уральского бассейна – типы разреза, условия формирования и перспективы нефтегазоносности // Георесурсы. 2017. Спецвыпуск. Ч. 1. С. 112–124. <http://doi.org/10.18599/grs.19.12>.
11. Hou H., Ma X., Zhou H., Ogg J.G., Shen Y. The End-Devonian Hangenberg Event and its aftermath in South China: Stratigraphic and sedimentary records from shallow to deep water facies // Earth-Sci. Rev. 2022. V. 232. Art. 104137. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104137>.
12. Фортунатова Н.К., Зайцева Е.Л., Бушуева М.А., Ермолова Т.Е., Михеева А.И., Ступак А.А., Баранова А.В., Кононова Л.И., Мамонтов Д.А., Харченко С.И., Авдеева А.А., Канев А.С., Евдокимов Н.В., Гончаров Е.О., Зорин А.Б., Белоусов Г.А., Городков А.Б., Шишкина Т.Ю., Володина А.Г., Холмянская Н.Ю., Кравченко М.С., Афанасьева М.С., Евдокимова И.О. Страти-

графия нижнего карбона Волго-Уральского субрегиона (материалы к актуализации стратиграфической схемы). М.: ВНИГНИ, 2023. 288 с.

13. *Afanasiyeva M.S., Kononova L.I., Zaytseva E.L., Baranova A.V.* Lower Tournaisian (Lower Carboniferous) microfauna of the Volga-Ural Basin (Russia) // *Paleontol. J.* 2023. V. 57, No S1. P. S1–S30. <https://doi.org/10.1134/S0031030123600208>.
14. *Пазухин В.Н.* Биостратиграфия верхнего девона и нижнего карбона Башкирского Приуралья по конодонтам // Биостратиграфия, палеогеография и события в девоне и нижнем карбоне (Международная подкомиссия по стратиграфии девона / Проект 596 МПГК): матер. Междунар. конф. памяти Е.А. Елкина, Уфа, Новосибирск, 20 июля – 10 авг. 2011 г. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. С. 126–129.
15. *Плотицын А.Н.* Конодонты и стратиграфия верхнефаменско-турнейских отложений севера Урала и гряды Чернышева: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Сыктывкар, 2016. 236 с.
16. *Амон Э.О.* Палеонтология микрофоссилий (микрорпалеонтология): учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011. 520 с.
17. *Иванов К.С.* Методы поисков и выделения конодонтов. Методические рекомендации. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 117 с.
18. Зональная стратиграфия фанерозоя России / Науч. ред. Т.Н. Корень. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. 256 с.
19. *Пазухин В.Н.* Филогения конодонтов рода *Siphonodella* // *Новости палеонтологии и стратиграфии.* 2008. Т. 49, Вып. 10–11. С. 41–44.
20. *Plotitsyn A.N., Zhuravlev A.V.* Morphology of the early ontogenetic stages of advanced siphonodellids (Conodonta, Early Carboniferous) // *Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН.* 2016. № 8. С. 21–26. <https://doi.org/10.19110/2221-1381-2016-8-21-26>.
21. *Фортулатова Н.К., Зайцева Е.Л., Кононова Л.И., Баранова А.В., Бушуева М.А., Михеева А.И., Афанасьева М.С., Обуховская Т.Г.* Литолого-фациальная и биостратиграфическая характеристика верхнедевонских отложений опорной скважины 1 Мелекесская (Мелекесская впадина, Волго-Уральская область) // *Бюлл. МОИП. Отдел геол.* 2018. Т. 93, № 5–6. С. 3–49.
22. *Aretz M., Herbig H.G., Wang X.D., Gradstein F.M., Agterberg F.P., Ogg J.G.* Chapter 23 – The Carboniferous period // *Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.B., Ogg G.M. (Eds.) Geologic Time Scale 2020.* Amsterdam: Elsevier, 2020. V. 2. P. 811–874. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00023-1>.
23. *Becker R.T., Marshall J.E.A., Da Silva A.-C., Agterberg F.P., Gradstein F.M., Ogg J.G.* Chapter 22 – The Devonian period // *Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.B., Ogg G.M. (Eds.) Geologic Time Scale 2020.* Amsterdam: Elsevier, 2020. V. 2. P. 733–810. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00022-X>.
24. *Becker R.T., Hartenfels S., Aboussalam Z.S., Tragelehn H., Brice D., El Hassani A.* The Devonian-Carboniferous boundary at Lalla Mimouna (northern Maider) – a progress report // *Becker R.T., El Hassani A., Tahiri A. (Eds.) International Field Symposium “The Devonian and Lower Carboniferous of northern Gondwana”, Field Guidebook. Doc. 27.* Rabat: L’Inst. Sci., 2013. P. 109–120.
25. *Habibi T., Corradini C., Yazdi M.* Conodont biostratigraphy of the Upper Devonian–Lower Carboniferous Shahmirzad section, central Alborz, Iran // *Geobios.* 2008. V. 41, No 6. P. 763–777. <https://doi.org/10.1016/j.geobios.2008.04.002>.
26. *Huang Y.-Z., Qi Y.-P., Wang Q.-L., Yao L., Chen J.-T.* Latest Devonian–Early Mississippian conodont biostratigraphy in the Naqing section, Guizhou, South China // *Palaeoworld.* 2024. V. 33, No 2. P. 307–327. <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2023.02.004>.
27. *Sandberg C.A., Streef M., Scott R.A.* Comparison between conodont zonation and spore assemblages at the Devonian-Carboniferous boundary in the western and central United States and in Europe // *Septième Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère (August 23–28, 1971).* Krefeld: Geol. Landesamt Nordrhein-Westfalen, 1972. V. 1. P. 179–203.

28. Sandberg C.A., Ziegler W., Leuteritz K., Brill S.M. Phylogeny, speciation, and zonation of Siphonodella (Conodonta, Upper Devonian and Lower Carboniferous) // *Newsl. Stratigr.* 1978. V. 7, No 2. P. 102–120. <https://doi.org/10.1127/nos/7/1978/102>.
29. Ziegler W., Sandberg C.A. *Palmatolepis*-based revision of upper part of standard Late Devonian conodont zonation // Clark D.L. (Ed.) *Conodont Biofacies and Provincialism*. Ser.: GSA Special Papers. Vol. 196. Boulder, CO: Geol. Soc. Am., 1984. V. 196. P. 179–194. <https://doi.org/10.1130/SPE196-p179>.
30. Ziegler W., Sandberg C.A. The Late Devonian standard conodont zonation // *Cour. Forschungsinst. Senckenberg*. 1990. Bd. 121. 115 S.
31. Ziegler W. Taxonomie und Phylogenie oberdevonischer Conodonten und ihre stratigraphische Bedeutung // *Abh. Hess. Landesamtes Bodenforsch.* 1962. H. 38. 166 S.
32. Ziegler W. Eine neue Conodontenfauna aus dem höchsten Oberdevon // *Forstschr. Geol. Rheinl. Westfalen*. 1969. Bd. 17. S. 179–191.
33. Ziegler W. Conodont stratigraphy of the European Devonian // Stweet W.C., Bergstrom S.M. (Eds.) *Symposium on Conodont Biostratigraphy*. Ser.: GSA Memoirs. V. 127. Boulder, CO: Geol. Soc. Am., 1971. P. 227–284. <https://doi.org/10.1130/MEM127-p227>.
34. Xiong J. On the Devonian–Carboniferous boundary and correlation in South China // *Oil Gas Geol.* 1983. V. 4, No 4. P. 337–352. <https://doi.org/10.11743/ogg19830401>. (In Chinese)
35. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 34. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003. 46 с.
36. Мавринская Т.М., Шарипова А.Р., Пазухин В.Н. Конодонты фаменского яруса верхнего девона – турнейского яруса нижнего карбона Магнитогорского рудного поля // *Геологический вестник*. 2023. Вып. 3. С. 87–97. <https://doi.org/10.31084/2619-0087/2023-3-8>.
37. Пазухин В.Н., Кулагина Е.И. Стратиграфия карбона Залаирского синклиория (Южный Урал) // *Бюл. МОИП. Отд. геол.* 2014. Т. 89, Вып. 6. С. 19–44.
38. Седаева К.М., Рябинкина Н.Н., Кулешов В.Н., Валяева О.В. Отражение Хангенбергского глобального геологического события рубежа девона и карбона в разрезах западного склона Приполярного (р. Кожим) и Южного (р. Сиказа) Урала // *Литосфера*. 2010. № 6. С. 25–37.

References

1. Khalymbadzha V.G. *Konodony verkhnego devona vostoka Russkoi platformy, Yuzhnogo Timana, Polyarnogo Urala i ikh stratigraficheskoe znachenie* [Upper Devonian Conodonts of the Eastern Russian Platform, Southern Timan, and Polar Urals and Their Stratigraphic Significance]. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 1982. 85 p. (In Russian)
2. Khalymbadzha V.G. Stages of conodont development in the Late Devonian. *Byull. MOIP. Otd. Geol.*, 2001, vol. 76, no. 5, pp. 33–37. (In Russian)
3. Khalymbadzha V.G., Chernysheva N.G. Conodonts in the Upper Devonian of the Volga-Kama region and their stratigraphic significance. In: *Trudy geologicheskogo instituta g. Kazani* [Proceedings of the Geological Institute of Kazan]. Vol. 24. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 1969, pp. 155–158. (In Russian)
4. Khalymbadzha V.G., Chernysheva N.G. Stratigraphic significance of conodonts in the Upper Devonian of the Volga-Kama region and their possible use for interregional correlation. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 1969, vol. 184, no 5, pp. 1170–1173. (In Russian)
5. Khalymbadzha V.G., Chernysheva N.G. Conodonts of the genus *Ancyrodella* from the Devonian of the Volga-Kama region and their stratigraphic significance. In: *Biostratigrafiya i paleontologiya paleozoiskikh otlozhenii Vostoka Russkoi platformy i Zapadnogo Priural'ya* [Biostratigraphy and Paleontology of Paleozoic Deposits of the Eastern Russian Platform and Western Cis-Urals]. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 1970. pp. 81–103. (In Russian)
6. Khalymbadzha V.G., Chernysheva N.G. Conodonts of the genus *Belodella* from the Upper Devonian of the Volga-Kama region. In: *Biostratigrafiya i paleontologiya paleozoiskikh otlozhenii Vostoka Russkoi*

- platformy i Zapadnogo Priural'ya* [Biostratigraphy and Paleontology of Paleozoic Deposits of the Eastern Russian Platform and Western Cis-Urals]. Kazan, Izd. Kazan. Univ., 1970, pp. 104–116. (In Russian)
7. Sungatullina G.M. Evolution of conodonts in the Middle and Late Carboniferous of the eastern Russian Platform. *Nov. Paleontol. Stratigr.*, 2008, vol. 49, nos. 10–11, pp. 52–56. (In Russian)
 8. Sungatullina G.M. Biostratigraphy of Upper-Carbonic deposits in the East of Russian Plate by conodonts. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki*, 2008, vol. 150, no. 3. pp. 183–197. (In Russian)
 9. Sungatullina G.M. Determination of the Bashkirian–Moscovian boundary in the Volga region via conodont species *Declinognathodus donetzius* Nemirovskaya. *Geol. Mag.*, 2014, vol. 151, no. 2, pp. 299–310. <https://doi.org/10.1017/S001675681300112X>.
 10. Stoupakova A.V., Kalmykov G.A., Korobova N.I., Fadeeva N.P., Gatovskii Y.A., Suslova A.A., Sautkin R.S., Pronina N.V., Bolshakova M.A., Zavyalova A.P., Chupakhina V.V., Petrakova N.N., Miftahova A.A. Domanic deposits of the Volga-Ural basin – types of section, conditions of formation and prospects for oil and gas potential. *Georesursy*, 2017, spec. no., pt. 1, pp. 112–124. <http://doi.org/10.18599/grs.19.12>. (In Russian)
 11. Hou H., Ma X., Zhou H., Ogg J.G., Shen Y. The End-Devonian Hangenberg Event and its aftermath in South China: Stratigraphic and sedimentary records from shallow to deep water facies. *Earth-Sci. Rev.*, 2022, vol. 232, art. 104137. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104137>.
 12. Fortunatova N.K., Zaitseva E.L., Bushueva M.A., Ermolova T.E., Mikheeva A.I., Stupak A.A., Baranova A.V., Kononova L.I., Mamontov D.A., Kharchenko S.I., Avdeeva A.A., Kanev A.S., Evdokimov N.V., Goncharov E.O., Zorin A.B., Belousov G.A., Gorodkov A.B., Shishkina T.Yu., Volodina A.G., Kholmyanskaya N.Yu., Kravchenko M.S., Afanas'eva M.S., Evdokimova I.O. *Stratigrafiya nizhnego karbona Volgo-Ural'skogo subregiona (materialy k aktualizatsii stratigraficheskoi skhemy)* [Stratigraphy of the Lower Carboniferous in the Volga-Ural Subregion (Materials for Updating the Stratigraphic Scheme)]. Moscow, VNIGNI, 2023. 288 p. (In Russian)
 13. Afanasieva M.S., Kononova L.I., Zaitseva E.L., Baranova A.V. Lower Tournaisian (Lower Carboniferous) microfauna of the Volga–Ural Basin (Russia). *Paleontol. J.*, 2023, vol. 57, no. S1, pp. S1–S30. <https://doi.org/10.1134/S0031030123600208>.
 14. Pazukhin V.N. Biostratigraphy of the Upper Devonian and Lower Carboniferous of the Bashkir Cis-Urals based on conodonts. In: *Biostratigrafiya, paleogeografiya i sobytiya v devone i nizhnem karbone (Mezhdunarodnaya podkomissiya po stratigrafii devona / Proekt 596 MPGK): mater. Mezhdunar. konf. pamyati E.A. Elkina, Ufa, Novosibirsk, 20 iyulya–10 avg. 2011 g.* [Biostratigraphy, Paleogeography, and Events in the Devonian and Lower Carboniferous (International Subcommittee on Devonian Stratigraphy / IGCP Project 596): Proc. Int. Conf. in Memory of E.A. Elkin, Ufa, Novosibirsk, July 20–August 10, 2011]. Novosibirsk, Izd. Sib. Otd. Ross. Akad. Nauk, 2011, pp. 126–129. (In Russian)
 15. Plotitsyn A. N. Conodonts and stratigraphy of the Upper Famennian–Tournaisian deposits in the Northern Urals and Chernyshev Ridge. *Cand. Sci. (Geology and Mineralogy) Diss.* Syktyvkar, 2016. 236 p. (In Russian)
 16. Amon E.O. *Paleontologiya mikrofosilii (mikropaleontologiya): uchebnoe posobie* [Paleontology of Microfossils (Micropaleontology): A Study Guide]. Yekaterinburg, Izd. UGGU, 2011. 520 p. (In Russian)
 17. Ivanov K.S. *Metody poiskov i vydeleniya konodontov. Metodicheskie rekomendatsii* [Techniques for Conodont Recovery and Identification. Methodical Guidelines]. Sverdlovsk, UNTs Akad. Nauk SSSR, 1987. 117 p. (In Russian)
 18. Koren' T.N. (Ed.) *Zonal'naya stratigrafiya fanerozoia Rossii* [Stratigraphic Zonation of the Phanerozoic in Russia]. St. Petersburg, Izd. VSEGEI, 2006. 256 p. (In Russian)
 19. Pazukhin V.N. Phylogeny of the conodont genus *Siphonodella*. *Nov. Paleontol. Stratigr.*, 2008, vol. 49, nos. 10–11, pp. 41–44. (In Russian)

20. Plotitsyn A.N., Zhuravlev A.V. Morphology of the early ontogenetic stages of advanced siphonodellids (Conodonta, Early Carboniferous). *Vestn. IG Komi SC UB RAS*, 2016, no. 8, pp. 21–26. <https://doi.org/10.19110/2221-1381-2016-8-21-26>.
21. Fortunatova N.K., Zaitseva E.L., Kononova L.I., Baranova A.V., Bushueva M.A., Mikheeva A.I., Afanas'eva M.S., Obukhovskaya T.G. Upper Devonian lithology and biostratigraphy of the reference borehole 1 Melekess (Melekess Depression, Volga-Ural region). *Byull. MOIP. Otd. Geol.*, 2018. vol. 93, nos. 5–6, pp. 3–49. (In Russian)
22. Aretz M., Herbig H.G., Wang X.D., Gradstein F.M., Agterberg F.P., Ogg J.G. Chapter 23 – The Carboniferous period. In: Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.B., Ogg G.M. (Eds.) *Geologic Time Scale 2020*. Vol. 2. Amsterdam, Elsevier, 2020, pp. 811–874. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00023-1>.
23. Becker R.T., Marshall J.E.A., Da Silva A.-C., Agterberg F.P., Gradstein F.M., Ogg J.G. Chapter 22 – The Devonian period. In: Gradstein F.M., Ogg J.G., Schmitz M.B., Ogg G.M. (Eds.) *Geologic Time Scale 2020*. Amsterdam, Elsevier, 2020. Vol. 2, pp. 733–810. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824360-2.00022-X>.
24. Becker R.T., Hartenfels S., Aboussalam Z.S., Tragelehn H., Brice D., El Hassani A. The Devonian–Carboniferous boundary at Lalla Mimouna (northern Maider) – a progress report. In: Becker R.T., El Hassani A., Tahiri A. (Eds.) *International Field Symposium “The Devonian and Lower Carboniferous of northern Gondwana”*, *Field Guidebook*. Doc. 27. Rabat, L'Inst. Sci., 2013, pp. 109–120.
25. Habibi T., Corradini C., Yazdi M. Conodont biostratigraphy of the Upper Devonian–Lower Carboniferous Shahmirzad section, central Alborz, Iran. *Geobios*, 2008, vol. 41, no. 6, pp. 763–777. <https://doi.org/10.1016/j.geobios.2008.04.002>.
26. Huang Y.-Z., Qi Y.-P., Wang Q.-L., Yao L., Chen J.-T. Latest Devonian–Early Mississippian conodont biostratigraphy in the Naqing section, Guizhou, South China. *Palaeoworld*, 2024, vol. 33, no. 2, pp. 307–327. <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2023.02.004>.
27. Sandberg C.A., Streeck M., Scott R.A. Comparison between conodont zonation and spore assemblages at the Devonian–Carboniferous boundary in the western and central United States and in Europe. *Septième Congrès International de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère (August 23–28, 1971)*. Vol. 1. Krefeld, Geol. Landesamt Nordrhein-Westfalen, 1972, pp. 179–203.
28. Sandberg C.A., Ziegler W., Leuteritz K., Brill S.M. Phylogeny, speciation, and zonation of Siphonodella (Conodonta, Upper Devonian and Lower Carboniferous). *Newsl. Stratigr.*, 1978, vol. 7, no. 2, pp. 102–120. <https://doi.org/10.1127/nos/7/1978/102>.
29. Ziegler W., Sandberg C.A. *Palmatolepis*-based revision of upper part of standard Late Devonian conodont zonation. In: Clark D.L. (Ed.) *Conodont Biofacies and Provincialism*. Ser.: GSA Special Papers. Vol. 196. Boulder, CO, Geol. Soc. Am., 1984, pp. 179–194. <https://doi.org/10.1130/SPE196-p179>.
30. Ziegler W., Sandberg C.A. The Late Devonian standard conodont zonation. *Cour. Forschungsinst. Senckenberg*, 1990, Bd. 121. 115 S.
31. Ziegler W. Taxonomie und Phylogenie oberdevonischer Conodonten und ihre stratigraphische Bedeutung. *Abh. Hess. Landesamtes Bodenforsch.*, 1962, H. 38. 166 S. (In German)
32. Ziegler W. Eine neue Conodontenfauna aus dem höchsten Oberdevon. *Forstsch. Geol. Rheinl. Westfalen*, 1969, Bd. 17, S. 179–191. (In German)
33. Ziegler W. Conodont stratigraphy of the European Devonian. In: Stweet W.C., Bergstrom S.M. (Eds.) *Symposium on Conodont Biostratigraphy*. Ser.: GSA Memoirs. Vol. 127. Boulder, CO, Geol. Soc. Am., 1971, pp. 227–284. <https://doi.org/10.1130/MEM127-p227>.
34. Xiong J. On the Devonian–Carboniferous boundary and correlation in South China. *Oil Gas Geol.*, 1983, vol. 4, no. 4, pp. 337–352. <https://doi.org/10.11743/ogg19830401>. (In Chinese)
35. Resolutions of the Interdepartmental Stratigraphic Committee and Its Permanent Commissions. Vol. 34. St. Petersburg, Izd. VSEGEI, 2003. 46 p. (In Russian)

36. Mavrinskaya T.M., Sharipova A.R., Pazukhin V.N. Conodonts from the Famennian Stage of the Upper Devonian–Tournaisian Stage of the Lower Carboniferous in the Magnitogorsk ore field. *Geol. Vestn.*, 2023, no. 3, pp. 87–97. <https://doi.org/10.31084/2619-0087/2023-3-8>. (In Russian)
37. Pazukhin V.N., Kulagina E.I. Carboniferous stratigraphy of the Zilair Synclynorium (Southern Urals). *Byull. MOIP. Otd. Geol.*, 2014, vol. 89, no. 6. pp. 19–44. (In Russian)
38. Sedaeva K.M., Ryabinkina N.N., Kuleshov V.N., Valyaeva O.V. The Devonian–Carboniferous global Hangenberg Event on the western slope of the Circumpolar (Kozhim River) and Southern (Sikaza River) Urals. *Litosfera*, 2010, no. 6, pp. 25–37. (In Russian)

Информация об авторах

Гузаль Марсовна Сунгатуллина, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, доцент кафедры палеонтологии и стратиграфии Института геологии и нефтегазовых технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет

E-mail: Guzel.Sungatullina@kpfu.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8529-0857>

Владимир Владимирович Силантьев, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой палеонтологии и стратиграфии Института геологии и нефтегазовых технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет

E-mail: Vladimir.Silantiev@kpfu.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2858-0708>

Динара Надировна Мифтахутдинова, кандидат геолого-минералогических наук, старший преподаватель кафедры палеонтологии и стратиграфии Института геологии и нефтегазовых технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет

E-mail: Dinara.Miftakhutdinova@kpfu.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9115-1343>

Альберт Феликсович Сафаров, заместитель начальника отдела поисковой и разведочной геологии, ТатНИПИнефть, ПАО «Татнефть»

E-mail: albert-safarov@yandex.ru

Марат Фанисович Валидов, ведущий инженер, начальник петрофизического отдела центра превосходства цифровых технологий в нефтегазовой отрасли Института геологии и нефтегазовых технологий, Казанский (Приволжский) федеральный университет

E-mail: MaFValidov@kpfu.ru

Булат Галиевич Ганиев, кандидат технических наук, начальник департамента разработки месторождений, Татнефть-Добыча, ПАО «Татнефть»

E-mail: GanievBG@tatneft.ru

Кирилл Дмитриевич Шуматбаев, кандидат геолого-минералогических наук, главный эксперт по петрофизическим исследованиям департамента разработки месторождений, Татнефть-Добыча, ПАО «Татнефть»

E-mail: Shumatbaevkd@tatneft.ru

Ришат Минехарисович Хабилов, начальник отдела мониторинга разработки месторождений и недропользования департамента разработки месторождений, Татнефть-Добыча, ПАО «Татнефть»

E-mail: HabipovRM@tatneft.ru

Author Information

Guzal M. Sungatullina, Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Associate Professor, Department of Paleontology and Stratigraphy, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University

E-mail: Guzel.Sungatullina@kpfu.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8529-0857>

Vladimir V. Silantiev, Dr. Sci. (Geology and Mineralogy), Full Professor, Head of Department of Paleontology and Stratigraphy, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University

E-mail: Vladimir.Silantiev@kpfu.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2858-0708>

Dinara N. Miftakhutdinova, Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Senior Lecturer, Department of Paleontology and Stratigraphy, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University

E-mail: Dinara.Miftakhutdinova@kpfu.ru

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9115-1343>

Albert F. Safarov, Deputy Head of Geological Prospecting and Exploration Department, TatNIPIneft, PJSC Tatneft

E-mail: albert-safarov@yandex.ru

Marat F. Validov, Leading Engineer, Head of Petrophysical Department, Center for Excellence of Digital Technologies in the Oil and Gas Industry, Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan Federal University

E-mail: MaFValidov@kpfu.ru

Bulat G. Ganiev, Cand. Sci. (Technology), Head of Field Development Department, Tatneft-Dobycha, PJSC Tatneft

E-mail: GanievBG@tatneft.ru

Kirill D. Shumatbaev, Cand. Sci. (Geology and Mineralogy), Chief Expert in Petrophysical Research of Field Development Department, Tatneft-Dobycha, PJSC Tatneft

E-mail: Shumatbaevkd@tatneft.ru

Rishat M. Khabipov, Head of Field Development and Subsoil Use Monitoring Division, Field Development Department, Tatneft-Dobycha, PJSC Tatneft

E-mail: HabipovRM@tatneft.ru

Поступила в редакцию 20.08.2024

Принята к публикации 07.10.2024

Received August 20, 2024

Accepted October 7, 2024