

Палеонтологические исследования пограничных отложений девона и карбона Берчогура (западный Казахстан): возможности глобальной корреляции

Е. И. Кулагина¹, С. В. Николаева^{2,3}, С. Н. Мустапаева⁴, Ю. А. Гатовский⁵

¹Институт геологии УФИЦ РАН, 450077, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 16/2, e-mail: elenkul@mail.ru

²Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, 117647, г. Москва, ул. Профсоюзная, 123

³Казанский (Приволжский) федеральный университет, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18

⁴Satbayev University, кафедра геологической съемки, поиска и разведки месторождений полезных ископаемых, 050000, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Сатбаева, 22

⁵Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, кафедра палеонтологии, геологический факультет, 119991, г. Москва, Ленинские горы, 1

Поступила в редакцию 21.09.2023 г., принята к печати 24.11.2023 г.

Объект исследования. Пограничные отложения девона и карбона Берчогурской мульды (Западный Казахстан). Новые данные по фауне амmonoидей, конодонтов, фораминифер из разрезов Берчогура получены при полевых работах в 2018–2019 гг. **Цель** – выявить эпизоды Хангенбергского события (кризиса) в разрезе Берчогур и скоррелировать уровни появления маркеров нижней границы каменноугольной системы по разным группам фауны в этом разрезе. **Методы.** Используются палеонтологический и литологический методы. **Результаты.** Анализ комплексов фауны и литологических особенностей пород, вскрытых новыми выработками, дал возможность предположить проявление глобального Хангенбергского события и сравнить с фазами этого события в разрезах Западной Европы. Уточнена корреляция зон амmonoидей, конодонтов, фораминифер. Установлено, что первое появление конодонтов вида *S. (Eo.) praesulcata* в разрезе Берчогур приходится на пачку 2b, а первое появление вида *S. (Eo.) sulcata* зафиксировано в пачке 3b. Благодаря находкам амmonoидей рода *Acutimitoceras* пачки 3b и 3c можно сопоставить с верхней частью амmonoидной зоны *prorsum*, что соответствует уровню появления конодонтов *S. (Eo.) sulcata*. В разрезе выявлены интервалы, предположительно соответствующие эпизодам глобального Хангенбергского события, и часть послекризисного интервала. **Выводы.** Предкризисный интервал соответствует расцвету фораминифер зоны *Q. kobeitusana substricta* и конодонтовым зонам *Urper expansa* и нижней части *Lower praesulcata* (пачки 1–2a¹). Так называемая прелюдия кризиса отвечает вымиранию квазиэндогенного сообщества фораминифер (экозона с доживающими *Quasiendothyra* и верхней части зоны *Lower praesulcata* (пачка 2a²). Хангенбергское вымирание, или нижний кризисный интервал, соответствует трансгрессивному эпизоду (выраженному глинистыми сланцами пачки 2b) и интервалу большей части зоны *Middle praesulcata* – нижней части зоны *Urper praesulcata*. Этот интервал сопоставляется с хангенбергскими черными сланцами Западной Европы. Последующий регрессивный эпизод (пачка 3a) отвечает верхам зоны *Urper praesulcata*. Пачка с амmonoидеями (слой 3c) и конодонтами зоны *sulcata* (слои 3b и 3c) и пачка 4 соответствуют трансгрессивной фазе и рассматриваются как эквивалент Штокумского известняка Рейнского массива.

Ключевые слова: Берчогурская мульда, фаменский ярус, турнейский ярус, амmonoидеи, конодонты, фораминиферы, Хангенбергское событие

Источник финансирования

Исследования проводились в соответствии с планами госзаданий Е.И. Кулагиной – № FMRS-2022-0010 (ИГ УФИЦ РАН), С.В. Николаевой – № 122011700294-1 (ПИН РАН). Исследования С.Н. Мустапаевой проводились по теме гранта АР14871618 (Национальный университет им. К. Сатпаева, МНУВО РК)

Paleontological studies of the Devonian-Carboniferous boundary beds of Berchogur (Western Kazakhstan): possibilities of global correlation

Elena I. Kulagina¹, Svetlana V. Nikolaeva^{2,3}, Sezim N. Mustapayeva⁴, Yury A. Gatovsky⁵

Для цитирования: Кулагина Е.И., Николаева С.В., Мустапаева С.Н., Гатовский Ю.А. (2024) Палеонтологические исследования пограничных отложений девона и карбона Берчогура (западный Казахстан): возможности глобальной корреляции. *Литосфера*, 24(5), 810–833. <https://doi.org/10.24930/2500-302X-2024-24-5-810-833>

For citation: Kulagina E.I., Nikolaeva S.V., Mustapayeva S.N., Gatovsky Yu.A. (2024) Paleontological studies of the Devonian-Carboniferous boundary beds of Berchogur (Western Kazakhstan): possibilities of global correlation. *Lithosphere (Russia)*, 24(5), 810–833. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/2500-302X-2024-24-5-810-833>

¹Institute of Geology, UFRS RAS, 16/2 Karla Marksa st., Ufa 450077, Russia, e-mail: elenkul@mail.ru

²A.A. Borissiak Paleontological Institute, RAS, 123 Profsoyuznaya st., Moscow 117647, Russia

³Kazan Federal University, 18 Kremlyovskaya st., Kazan 420008, Russia

⁴Satbayev University, Department of Geological Survey, Search and Exploration of Mineral Deposits,
22 Satbayev st., Almaty 050000, Kazakhstan

⁵M.V. Lomonosov State University, Department of Paleontology, Geology Faculty, 1 Leninskiye Gory,
Moscow 119991, Russia

Received 21.09.2023, accepted 24.11.2023

Research subject. Devonian-Carboniferous boundary beds in the Berchogur Depression (Western Kazakhstan). New data on the fauna of ammonoids, conodonts, and foraminifers from the Berchogur sections were obtained during fieldwork studies in 2018–2019. **Aim.** Identification of episodes of the Global Hangenberg event (crisis) in the Berchogur section and correlation of the potential markers of the base of the Carboniferous in this section. **Materials and Methods.** The research was conducted using paleontological and lithological methods. **Results.** The study of fossil assemblages and rock lithology exposed by new excavations suggests that the markers of the Hangenberg event are present in the section; moreover, they can be correlated with the phases of this event in the sections of Western Europe. A correlation of ammonoid, conodont, and foraminiferal zones is proposed. It is shown that the conodont *S. (Eo.) praesulcata* in the Berchogur section first appears in Member 2b, and the first appearance of *S. (Eo.) sulcata* is recorded in Member 3b. Based on the findings of ammonoids of the genus *Acutimitoceras*, Members 3b and 3c can be correlated with the upper part of the *prorsum* ammonoid Zone, which corresponds to the level of appearance of *S. (Eo.) sulcata*. The intervals corresponding to episodes of the global Hangenberg event (pre-crisis, crisis, and partly post-crisis) are provisionally identified in the section. **Conclusions.** The pre-crisis interval corresponds to the abundance of foraminifers in the *Q. kobeitusana substricta* Zone and the Upper *expansa* and lower part of the Lower *praesulcata* conodont zones. The so-called crisis prelude corresponds to the extinction of the quasiendothyrid foraminiferal community and the upper part of the Lower *praesulcata* Zone (Member 2a²). The Hangenberg Extinction, or the lower crisis interval, corresponds to the clays of Member 2b in, and to the interval of most of the Middle *praesulcata* Zone – the lower part of the Upper *praesulcata* Zone, and to the Hangenberg black shales in Europe. The subsequent regressive episode (Member 3a) corresponds to the upper part of the Upper *praesulcata* Zone. The members with ammonoids (3c) and conodonts of the *sulcata* Zone (3b and 3c) and Member 4 correspond to the transgressive phase and are considered equivalent to the Stockum Limestone of the Rhenish Massif.

Keywords: Berchogur Depression, Famennian, Tournaisian, ammonoids, conodonts, foraminifers, Hangenberg event

Funding information

The research was carried out by: E.I. Kulagina in accordance with the state assignment no. FMRS-2022-0010 (IG UFITs RAS), S.N. Mustapayeva funded by grant no. AP14871618 (Satbayev National University, Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan), Nikolaeva S.V. according to the plan of program no. 122011700294-1) (PIN RAS)

Acknowledgements

The authors are grateful to A.S. Alekseev (MSU) for carefully reading the manuscript and valuable comments, reviewers O.V. Artyushkova (IG UFITs RAS) and the anonymous reviewer for useful comments that helped to improve the paper.

ВВЕДЕНИЕ

Пограничные отложения девона и карбона Берчогурской мульды в Мугоджарах (Западный Казахстан, южная оконечность Урала) давно известны по обилию разнообразных ископаемых остатков (Балашова, 1945 и др.; Розман, 1960 и др.). Интерес к разрезу существенно повысился в 80-х гг. прошлого века, когда встала задача поиска глобального маркера и стратотипа границы между девонем и карбоном. В эти годы на разрезах руч. Буртыбай (разрезы Буртыбай, Джангансай = Жангансай и Берчогур) параллельно работали специалисты Палеонтологического института (ПИН РАН, Москва), Актюбинского отдела КазНИГРИ (Казахстан), Дальневосточного научного центра (СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, Магадан), Институ-

та геологии (ИГ УФИЦ РАН, Уфа). Данный период исследований завершился публикацией монографии (Фауна..., 1987) и ряда статей (Кузина, 1985; Барсков и др., 1988; Богословский, 1988; Barskov et al., 1984). В монографии было дано описание разреза Буртыбай = Джангансай по бортам широтного течения руч. Буртыбай и обн. 8 в 3 км к юго-востоку от впадения руч. Буртыбай в р. Шуылдак. Разрез вдоль руч. Буртыбай, под названием Буртыбай описан группой под руководством Н.М. Кочетковой (Фауна..., 1987, рис. 3), а под названием Джангансай – Л.И. Кононовой и М.Х. Гагиевым (Фауна..., 1987, рис. 4). Разрез Берчогур описан в меридиональном течении ручья А.С. Алексеевым, И.С. Барсковым и Л.И. Кононовой (Фауна..., 1987, рис. 6). Несмотря на обширную палеонтологическую характеристику, разрез не получил ста-

туса мирового стратотипа в связи с эндемичной конодонтовой фауной.

Глобальный стратотип (GSSP) на основе первого появления (FAD – First appearance datum) конодонта *Siphonodella (Eosiphonodella) sulcata* (Huddle, 1934) был установлен в эталонном разрезе Ла-Серр во Франции (Paproth et al., 1991; www.stratigraphy.org/gssps/tournaisian). Однако после обнаружения *S. sulcata* в Ла-Серр ниже так называемого FAD и соответственно уровня официальной границы проблема GSSP возникла снова (Kaiser, 2009; Kaiser et al., 2019; Becker et al., 2021b; и др.). Вопрос о границе девона и карбона обсуждался на палеонтологическом конгрессе в 2010 г. в Лондоне, совещаниях рабочей группы в Монпелье (Николаева и др., 2016), Международном конгрессе по карбону и перми в Кельне в 2019 г. (Aretz et al., 2021) и Международном стратиграфическом конгрессе в Лилле в 2023 г. (Aretz, Corradini, 2023).

В настоящее время рассматривается несколько предложений по выбору маркеров данной границы. Поставлена задача установить проявление не одного, а нескольких критериев, поскольку в разных регионах и разных фациях какие-то маркеры могут отсутствовать. Основным критерием является биомаркер – первое появление конодонта *Protognathodus kockeli* (Bischoff, 1957). Другим из наиболее обсуждаемых критериев является событийный маркер, связанный с этапами Хангенбергского события вблизи границы девона и карбона. Первое появление *P. kockeli* в разрезах Западной Европы отмечается немного выше основного регрессивного эпизода Хангенбергского события, представленного Хангенбергским песчаником.

Вероятно, что уровень, соответствующий комплексу критериев, а именно основанию конодонтовой зоны *Protognathodus kockeli*, началу диверсификации и концу большой регрессии (верхняя часть песчаника Хангенберг), послужит основой для будущей границы (Corradini et al., 2011, 2017; Spalletta et al., 2017; Becker et al., 2021a; Aretz, Corradini, 2023).

В 2018–2019 гг. проводились совместные полевые работы специалистов России и Казахстана на разрезе Берчогур. Предварительные результаты этих исследований представлены на Международном конгрессе по карбону и перми в Кельне (Nikolaeva et al., 2019) и опубликованы в специальном выпуске журнала, посвященном границе девона и карбона (Kulagina et al., 2021). Позже опубликована полная характеристика обнажений с описанием комплексов фораминифер, аммоноидей, конодонтов, кораллов, криноидей и трилобитов (Nikolaeva et al., 2022).

В настоящей статье дан краткий обзор новейших результатов изучения разреза Берчогур с акцентом на вероятное проявление эпизодов Хангенбергского события.

ПРОЯВЛЕНИЕ ХАНГЕНБЕРГСКОГО СОБЫТИЯ В РАЗРЕЗАХ ЕВРАЗИИ

Хангенбергское событие (или кризис) связано с резким поднятием уровня моря, затоплением шельфа и развитием в морских бассейнах мало- и бескислородных обстановок, приведших к массовому вымиранию многих групп организмов. Оно является многофазным и соответствует временному промежутку, начавшемуся в самом конце девонского периода и закончившемуся в начале карбона (Aretz, Corradini, 2021). В Западной Европе это событие происходило в несколько этапов, которые соответствуют эвстатические циклы (табл. 1) (Aretz, 2021; Becker et al., 2021a, б).

По результатам изучения разрезов Рейнских Сланцевых гор в интервале верхнего фамена–нижнего турне (до основания нижних Сланцев Алюм), выделены четыре этапа Хангенбергского события (Becker et al., 2021a): прелюдия (верхи известняка Воклюм и локально замещающий их песчаник Древер); нижний трансгрессивный кризисный интервал (Lower Crisis Interval), или Хангенбергский черносланцевый эпизод (Hangenberg Black Shale, HBS); средний кризисный интервал, или Хангенбергский песчаниковый эпизод (Hangenberg Shale, HS / Hangenberg Sandstone, HSS); трансгрессивный верхний кризисный интервал, который разделен на три части (I–III) по конодонтам.

В рейнской стандартной последовательности (Kaiser et al., 2021) в эпоху прелюдии кризиса фиксируется небольшая регрессия (песчаник Древер, перекрывающий известняк с аммоноидеями генезоны *Wocklumeria*), за которой следуют значительная трансгрессия и накопление черных хангенбергских сланцев, фиксирующих максимальное затопление и бескислородные обстановки нижнего кризисного интервала. Последующая регрессия зарегистрирована в среднем кризисном интервале и соответствует хангенбергским сланцам и Хангенбергскому песчанику, кровля которого отмечает максимум регрессии. Следующий эпизод, которому в разрезах соответствует так называемый верхний кризисный интервал, отвечает повышению уровня моря и отложению Штоккумского известняка Рейнского массива (Clausen et al., 1994).

В Намюре-Динантском бассейне Бельгии в верхах девона ('Strunian') Хангенбергский черносланцевый эпизод отмечает максимальную поверхность затопления (Denayer et al., 2021). Обмеление, проявившееся в виде слоя песчаника (Hangenberg Sandstone Event, HSS), фиксируется в основании формации Астьер либо в виде слоя песчаного алевролита в проксимальных фациях, либо в виде горизонта с обломками известняка и переотложенными окаменелостями в пелагических фациях.

Таблица 1. Соотношение хроностратиграфических, событийных, литостратиграфических и биостратиграфических подразделений на рубеже девонского и каменноугольного периодов в Рейнском массиве в Германии (Becker et al., 2021a, fig. 1)

Table 1. Correlation of chrono-, event, litho- and biostratigraphy around the Devonian-Carboniferous Boundary in the Rhenish Massif, Germany (Becker et al., 2021a, fig. 1)

МСШ	Событие/кризис		Литология	Конодонтовая зона
Нижнее турне	Нижний Алюм Сланцевое событие		Нижнеалюмские сланцы	<i>S.(S.) crenulata</i>
	Послекризисный интервал		Хангенбергский известняк	<i>S.(S.) lobata</i> M1 <i>S.(S.) sandbergi</i> [<i>S.(S.) cf. wilberti</i>] <i>S.(S.) mehli</i> [<i>S.(S.) carinthiaca</i>] <i>S.(S.) duplicata</i> <i>S.(S.) bransoni</i>
	Верхний	III	верхний известняк Штокум	<i>S.(Eo.) sulcata</i> s.l./ <i>Pr. kuehni</i>
		II		
Верхний фамен	Хангенбергский кризис	I	средний Штокумский уровень черных сланцев	<i>Bi. costatus</i> – <i>Pr. kockeli</i> Interregnum (<i>cki</i>)
		II	Хангенбергский песчаник	
		I	Хангенбергский сланец	
		Нижний	Хангенбергский черный сланец	
		II	Песчаник Дрёвер	
	Предкризисный интервал (часть)	I	Известняк Воклюм	<i>S. (Eo.) praesulcata</i> s.l.

Примечание. Полу жирным выделены зональные индексы конодонтовых зон, в скобках указаны дополнительные маркеры. Сокращения: *cki* – *costatus-kockeli* Interregnum.

Note. Abbreviation: *cki* – *costatus – kockeli* Interregnum. Zonal index taxa – in bold, important auxiliary marker species – in brackets.

Хангенбергское событие также проявилось в разрезах Тимано-Печорской провинции, Урала, Китая и Казахстана.

На востоке Печорской плиты Хангенбергское событие выражено прослоями черных сланцев в разрезах рек Каменка и Вангыр (Журавлев, Соболев, 2019). Пограничные отложения девона и карбона в этих разрезах охарактеризованы конодонта-

ми, остракодами и изменениями в изотопном составе углерода в карбонатах и органического вещества конодонтовых элементов.

На Южном Урале Хангенбергское событие отражено в разрезах Сиказа и Зиган (Седаева и др., 2008, 2010; Пазухин и др., 2009; Gatovsky, 2015). В этих разрезах прослеживается пачка известково-глинистых пород мощностью до 0.5 м, зале-

гающая среди известняковой толщи. Глинистый слой в гумеровском горизонте соответствует эпизоду HBS (Хангенбергский черный сланец) (Седаева и др., 2010), возможно максимальной фазе затопления (Gatovsky, 2015). В разрезе Сиказа, по мнению Ю.А. Гатовского, между слоями 6 и 7 имеется перерыв в осадконакоплении, связанный с большой регрессией, соответствующей Хангенбергскому песчанику (Gatovsky, 2015).

В разрезах Китая (Hou et al., 2022) интервал, соответствующий Хангенбергскому событию, был изучен в разных обстановках осадконакопления: на мелководной морской платформе; окраине шельфа и верхнем склоне; в глубоководных фациях вдоль Южно-Китайской платформы. Осадконакопление в этих районах, представляющих восточный Палеотетис, существенно отличается от осадконакопления в Рейнских Сланцевых горах Германии, которые являются стандартом для западного Палеотетиса. В Южном Китае отмечаются вулканические туфы, штормовые отложения и микробиолиты, сформированные во время “верхнего кризисного интервала” Хангенбергского события.

В Западном Казахстане Хангенбергское событие отмечено в разрезе Берчогур (Nikolaeva et al., 2022 и др.) и более детально описано в данной статье.

Хангенбергский кризис приравнивается к важным изменениям биоты в истории Земли и считается массовым вымиранием 1-го порядка (Kaiser et al., 2021), однако он является не одномоментным событием и с ним связано не только вымирание, но и эпизоды радиации отдельных таксонов. Предлагается провести границу девона и карбона так, чтобы основные уровни вымирания остались в девоне (Aretz, Corradini, 2021).

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В 2018–2019 гг. полевые исследования были сосредоточены на выходах пограничных отложений девона и карбона в меридиональном течении руч. Буртыбай (Джангансай = Жангансай), которые получили известность по находкам амmonoидей рода *Acutimitoceras*. В 2018 г. С.Н. Мустапаевой (Satbayev University, Алматы) и С.В. Николаевой (ПИН РАН) была найдена историческая точка, на которой работали известные специалисты из бывшего СССР – Е.А. Балашова (1945), Х.С. Розман (1960), Л.И. Кузина (1985), Б.И. Богословский (1988) (Nikolaeva, Mustapayeva, 2018). В 2019 г. к полевым исследованиям присоединились Ю.А. Гатовский (МГУ) и Е.И. Кулагина (ИГ УФИЦ РАН). Были вскрыты с помощью экскаватора траншеи (канавы) БК-1 и БК-3, а также пройдена новая канава БК-4 и собраны ископаемые остатки в четырех точках (точки 3, 5, 6, 7) (рис. 1). Канавы БК-1 и БК-3 пройдены почти на том же участке, где в 1983 г. это было сделано вручную, поэтому остались закры-

тые интервалы. Подробно ход работ изложен в статье С.В. Николаевой с соавторами (2020).

Тот же пограничный интервал был изучен в верхней части разреза Буртыбай в субширотном течении ручья (Фауна..., 1987, рис. 1), но амmonoидеи в этой части разреза не были найдены. На этом участке разрез прерывался солончаковой долиной, где в настоящее время построена дорога на известняковый карьер, и местность изменена. На участке солончаковой долины русло ручья “теряется” и затем снова хорошо выражено в рельефе в меридиональном течении, где описан разрез Берчогур (рис. 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ РАЗРЕЗА БЕРЧОГУР

Детально исследованы четыре литостратиграфические пачки, впервые описанные ранее (Фауна..., 1987; Барсков и др., 1988). Эти пачки были выделены по скважинам, естественным обнажениям и канавам. При характеристике пачек использованы как новые данные, так и результаты предшествующих исследований.

Пачка 1 (более 10 м) прослежена в канаве 1 (БК-1) (рис. 3), скважинах БС-1 (рис. 4) и БС-2 (Nikolaeva et al., 2022, fig. 4). Наиболее полно она представлена в скважине БС-1. Сложена известняками средне- и толстослоистыми, водорослево-фораминиферовыми вакстоунами со строматопородиями, одиночными ругозами, остракодами, конодонтами мелководной биофации *Polygnathus-Icriodus* (Барсков и др., 1988).

Пачка 2 (2.5 м) имеет карбонатно-терригенный состав, прослежена в канаве БК-1, скважинах БС-1 и БС-2, подразделяется на пачки 2a и 2b.

Пачка 2a делится на две части – 2a¹ и 2a². Нижняя часть (2a¹, слой 2–3) представлена темно-зелеными тонкослоистыми глинистыми сланцами, на которых залегают глинистые известняки (слой 4–5). В кровле слоя 5 залегают прослой гравелистов мощностью до 10 мм. Глинистые сланцы (обр. БК-1-19/3-1, БК-1-19/3-2, канава БК-1) (см. рис. 3) содержат биокласты в виде фрагментов стеблей криноидей, створок остракод, трубчатых известковых водорослей и водорослевой проблематики *Menselina Antropov* (Nikolaeva et al., 2022). Отмечается практически полное отсутствие зубов рыб, что характерно для всех литологических разновидностей берчогурских разрезов. Разнообразие бентоса и присутствие известковых водорослей предполагают нормальные морские мелководные условия внутреннего шельфа.

Верхняя часть пачки в канаве БК-1 (2a², слой 6, мощность около 1 м) сложена водорослевым грейнстоуном с тонкими прослоями глинистых сланцев. Грейнстоун (обр. БК-11) в основном состоит из остатков известковых дазикладовых водорослей и

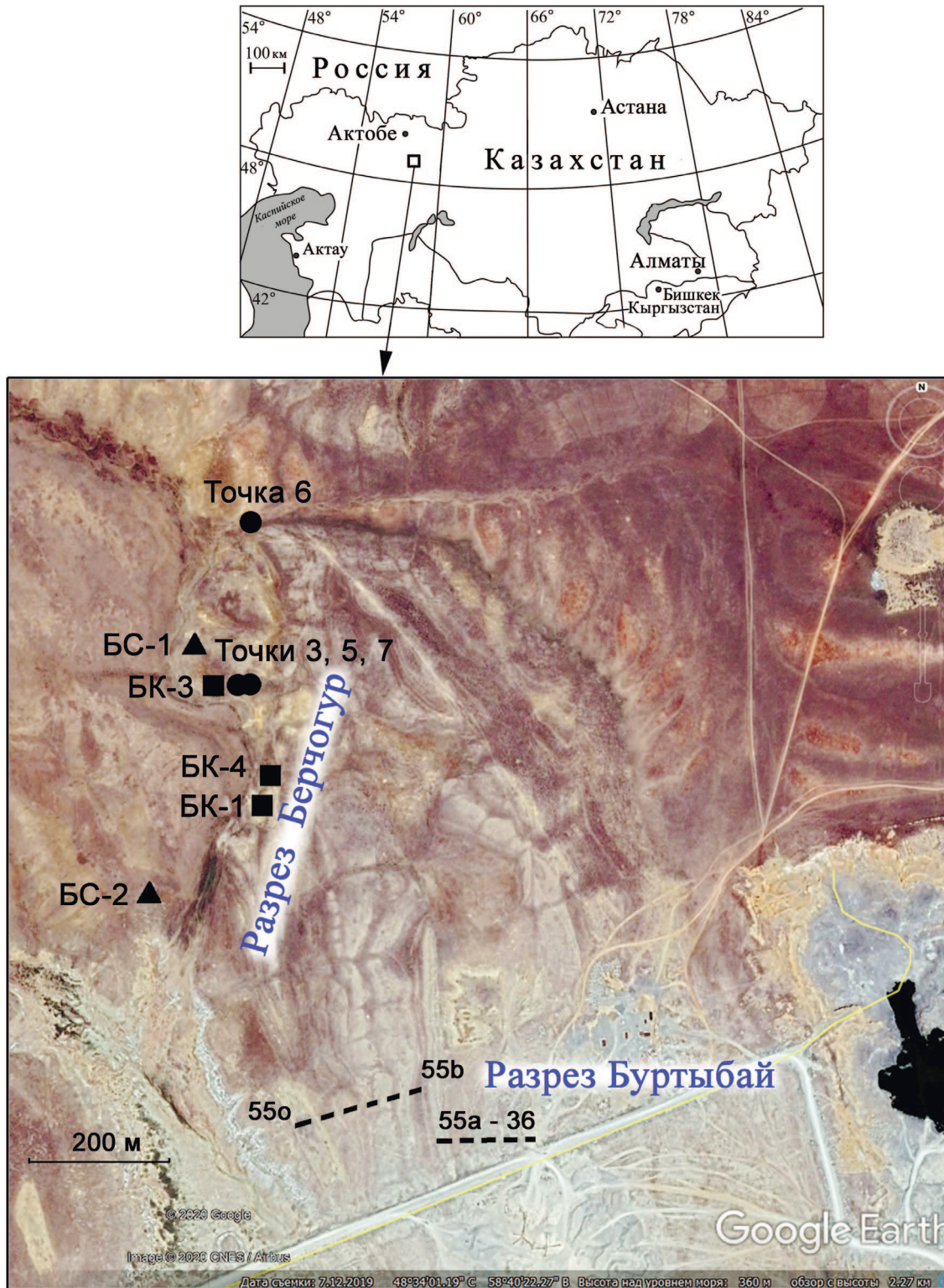


Рис. 1. Местонахождение разрезов по левому борту руч. Буртыбай (Джангансай = Жангансай).

Разрез Берчогур: канавы БК-1, БК-3, БК-4, скважины БС-1, БС-2 и точки сбора аммоноидей. Разрез Буртыбай, верхняя часть (обр. 55а-55о, сборы 1980 г. группы Н.М. Кочетковой).

Fig. 1. Studied sections along the left tributary of Burtybai (Dzhangansai = Zhangansai) Creek.

The Berchogur: trenches BK-1, BK-3, BK-4, boreholes BS-1, BS-2 and ammonoid localities. The Burtybai section, upper part, samples 55a-55o collected in 1980 by N.M. Kochetkova's group.



Рис. 2. Разрез Берчогур, левый борт руч. Буртыбай, вид с севера.

Слева стрелкой показано место сбора аммоноидей Б.И. Богословским в 1981 г., фото С.В. Николаевой, 2018 г.

Fig. 2. Valley of Burtybai (Dzhangansai = Zhangansai) Creek in its meridional flow, left bank, view from the north.

On the left, the arrow shows the place of collection of ammonoids by B.I. Bogoslovsky in 1981, photograph by S.V. Nikolaeva, 2018.

менселин, а также содержит отдельные фрагменты стеблей криноидей, обломки и ювенильные раковины брахиопод, остатки морских ежей, офиур и пластинок червей махаэридий. Состав менее разнообразен, чем в нижележащей пачке 2a¹, но все же морской, хотя и указывает на меньшие глубины. Верхняя поверхность известняка слоя 6 слегка неровная, коричневатая, представляет собой *hardground*, отвечающий возможному перерыву в осадконакоплении. На поверхности напластования известняков и сланцев слоя 6 наблюдаются скопления мелких углефицированных растительных остатков. Заметно поступление с суши тонких пластинок сильно измененной слюды типа мусковита. Также встречена одна спиральная трубка микроконхид, что может служить указанием на некоторое снижение солености бассейна. Пачка 2a² в скв. БС-1 (обр. 23-25) сложена фораминиферо-водорослевыми вакстоунами с многочисленными дазикладовыми водорослями и менселинами. Литологические особенности карбонатной части пачки 2a (канавы 1, слои 4–6), а именно появление линзовидного конгломерата и водорослевых известняков свидетельствуют о резком падении уровня моря. Поэтому пачка 6 соответствует регрессивной фазе развития бассейна.

Пачка 2b (2.0–2.5 м) представлена глинистыми сланцами темно-коричневыми, зеленовато-серыми до черных. В средней части пачки залегает очень тонкий (1–3 см) прослой мергелистого известняка с многочисленными отпечатками двустворчатых моллюсков (слой 8, обр. БК-14) (см. рис. 3). Отдельные прослои содержат многочисленные карбонатные конкреции и окаменелости, в том числе кораллы – табуляты и ругозы, брахиоподы, членики криноидей, раковины остракод и мшанки. В этой пачке также присутствуют сотни мелких пластинок усоногих раков *Pabulum* Whyte, 1976, ранее известных из верхнего визе Йоркшира (Англия) и Шотландии (Алексеев, 2023).

Состав биокластов и отсутствие водорослей свидетельствуют о быстром углублении бассейна и повышенной солености, тогда как общий таксономический состав биоты практически не изменился по сравнению с таковым пачки 2a. Увеличение глубины осадконакопления пачки 2b, вероятно, было значительным, и осадконакопление происходило ниже фотической зоны.

Пачка 3 (0.3–0.5 м) описана по канавам БК-1, БК-3 и скважинам разреза Берчогур (Барсков и др., 1988; Nikolaeva et al., 2022), а также обнажена по

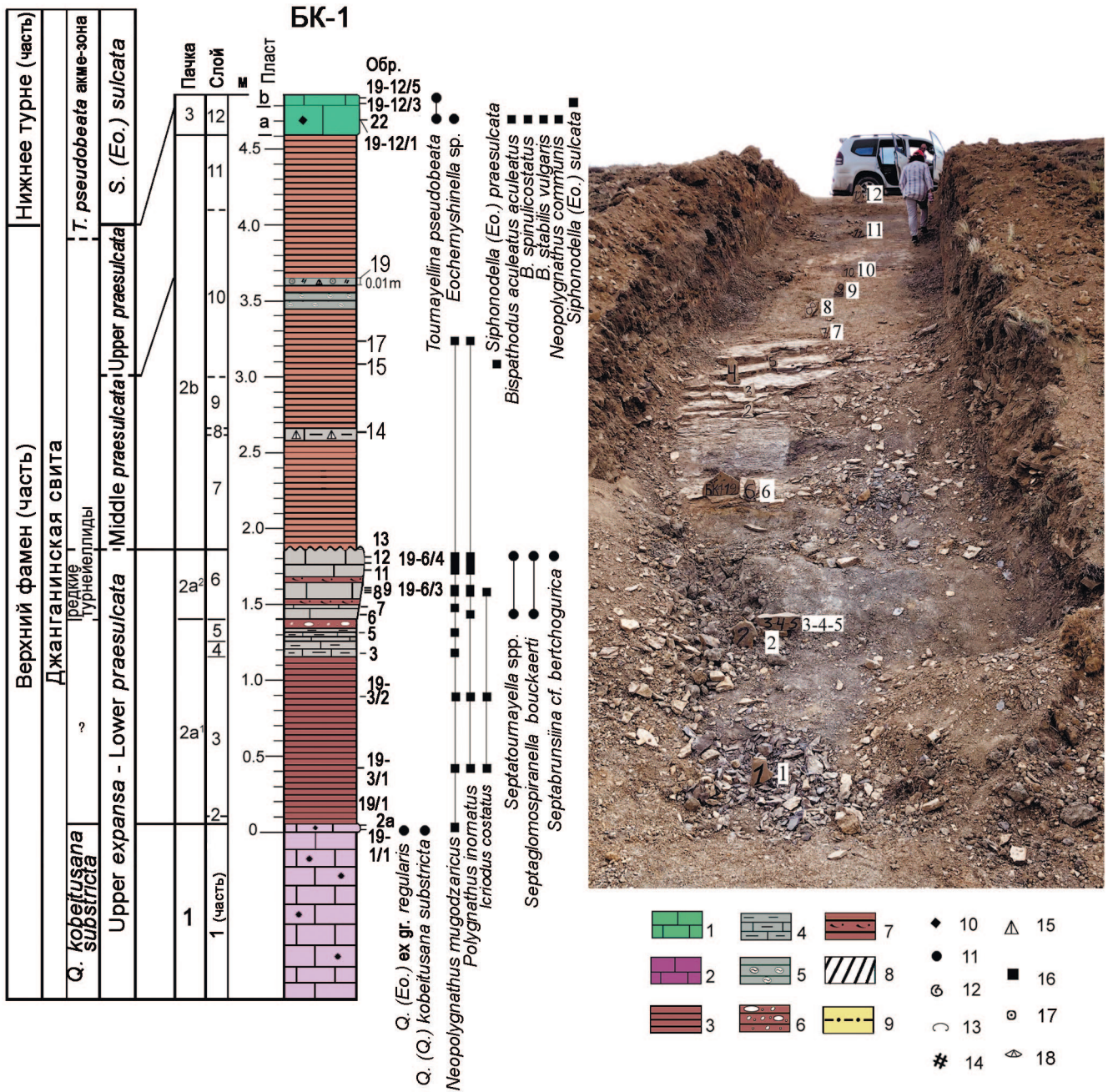


Рис. 3. Распространение конодонтов и фораминифер в разрезе канавы БК-1 (Nikolaeva et al., 2022).

Номера на фотографии отмечают основания соответствующих слоев.

Здесь и на рис. 4, 9: 1 – известняк; 2 – глинистый известняк; 3 – глинистые сланцы пачек 2 и 4; 4 – переслаивание глинистых сланцев и тонких прослоев известняка с биокластикой; 5 – карбонатные конкреции; 6 – гравелит; 7 – растительные остатки; 8 – закрытый интервал, 9 – глинистые сланцы с биокластами; 10 – водоросли и цианобактерии; 11 – фораминиферы; 12 – аммоноидеи; 13 – остракоды; 14 – мшанки; 15 – двустворки; 16 – конодонты; 17 – криноидеи; 18 – брахиоподы.

Fig. 3. Distribution of conodonts and foraminifers in the section of Trench BK-1 (Nikolaeva et al., 2022).

The numbers in the photograph mark the bases of the respective beds.

Here and in Fig. 4, 9: 1 – limestone; 2 – clayey limestone; 3 – shales of Members 2 and 4; 4 – interbedding of shales and thin beds of limestone with bioclasts; 5 – carbonate concretions; 6 – gravelite; 7 – plant remains; 8 – closed interval; 9 – shales with bioclasts; 10 – algae and cyanobacteria; 11 – foraminifers; 12 – ammonoids; 13 – ostracods; 14 – bryozoans; 15 – bivalves; 16 – conodonts; 17 – crinoids; 18 – brachiopods.

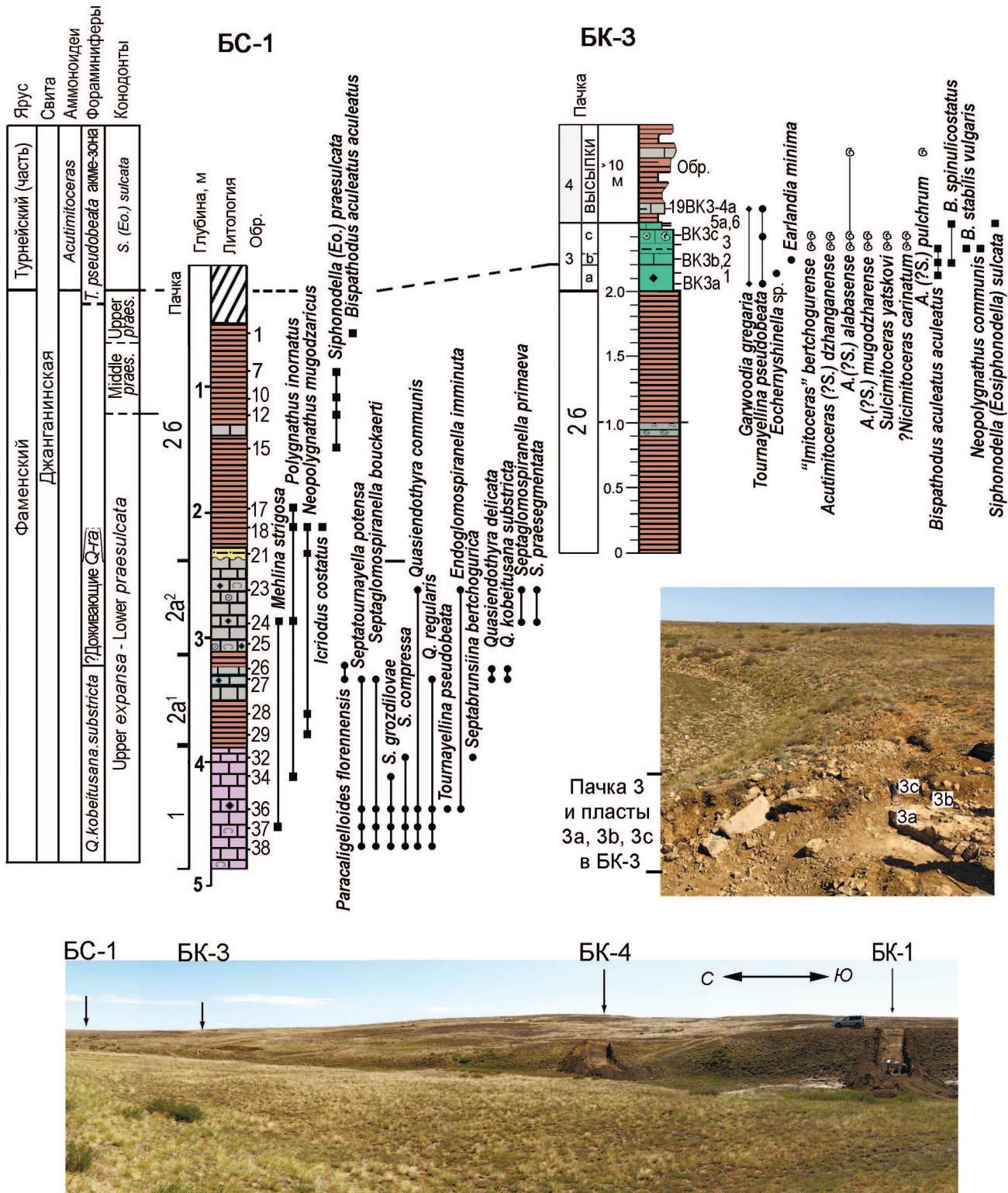


Рис. 4. Распространение аммоноидей, конодонтов и фораминифер в разрезах скважины BS-1 и канавы BK-3 (Барсков и др., 1988; Nikolaeva et al., 2022, с изменениями).

Обр. 6 в канаве BK-3 был обработан после публикации (Барсков и др., 1988).

Fig. 4. Distribution of ammonoids, conodonts, and foraminifers in the sections of Borehole BS-1 and Trench BK-3 after (modified after Barskov et al., 1988; Nikolaeva et al., 2022).

Sample 6 in Trench BK-3 was added after publication (Barskov et al., 1988).

левому борту руч. Буртыбай (обр. 55о, см. рис. 1) и прослеживается в других точках долины ручья (Фауна..., 1987; Nikolaeva et al., 2022). Она представлена глинистыми известняками, пельмикритами с многочисленными фораминиферами *Tournayellina pseudobeata* и желваками водорослей *Garwoodia*, участками с крупными литокластами. Эта специфическая микрофауна отличается пачку 3 от ниже- и вышележащих слоев.

Разрез канавы БК-3 охватывает меньший стратиграфический интервал по сравнению с разрезом канавы БК-1, но именно отсюда происходят основные сборы аммоноидей, в том числе новые сборы 2018–2019 гг. В канаве БК-3 описаны верхняя часть пачки 2b, пачка 3, включающая три пласта (слои 3a, 3b, 3c), и пачка 4.

Пачка 4 мощностью 18.5 м представлена почти сплошными высыпками алевролитов, сланцев, реже известняков и известняковых песчаников (калькаренитов). Отсюда собраны аммоноидеи, наутилоидеи, брахиоподы, кораллы и др.

Фораминиферы

Фораминиферы Берчогура известны с 60-х гг. прошлого века. Е.А. Рейтлингер (1961) опубликованы отдельные экземпляры фораминифер из разреза Джангансай из сборов Х.С. Розман 1957 г.: *Quasiendothyra communis regularis* – экземпляр с хорошо сохранившимся ситовидным устьем из обр. 681 (Рейтлингер, 1961, табл. 1, фиг. 16, экз. № 16) и *Q. kobeitusana* из обр. 665а (Рейтлингер, 1961, табл. 1, фиг. 15, экз. № 15). Вероятно, эти образцы происходят из известняков зоны *Quasiendothyra kobeitusana substricta*. Позже Е.А. Рейтлингер опубликованы результаты исследований фораминифер по сборам 1980-х гг. (Barskov et al., 1984).

Е.А. Рейтлингер, Е.И. Кулагиной (1987) в разрезе Берчогурской мульды выделены слои с фораминиферами, которые позже переведены в ранг зон по сопоставлению с разрезами Южного Урала (Kulagina, 2013). Зона *T. beata pseudobeata* Берчогура сопоставлялась с зоной доживающих (remnant) *Quasiendothyra* Южного Урала (Kulagina, 2013, fig. 2). В результате изучения ряда разрезов пограничных отложений девона и карбона России была усовершенствована шкала фораминифер на рубеже девона и карбона и предложены зоны *Q. kobeitusana* (верхний фамен), *T. pseudobeata* – доживающие *Quasiendothyra* (переходный интервал от девона к карбону) и *Earlandia minima* (нижнее турне) (Кулагина и др., 2018; Kulagina et al., 2021). Новые сборы из Берчогурского разреза подтвердили расчленение, сделанное ранее, позволили сопоставить выделенные подразделения с обновленной общей шкалой и провести корреляцию фораминиферных подразделений с подразделениями других регионов Западной Европы (Nikolaeva et al., 2022).

В разрезе Берчогур выделяются следующие зоны фораминифер: 1) *Quasiendothyra kobeitusana substricta* (канавы БК-1 и скважина БС-1), которая соответствует зоне *Q. kobeitusana*; 2) зона *Tournayellina pseudobeata* – доживающие *Quasiendothyra*, которую можно разделить на локальные экзозоны: доживающие *Quasiendothyra* и акме-зона *Tournayellina pseudobeata* (канавы БК-1 и БК-3). Следует отметить, что распределение фораминифер во всех изученных разрезах различается, что связано либо с фациями, либо с неполным отбором образцов. Так, в канаве БК-1 зона *Quasiendothyra kobeitusana substricta* выделяется только в пачке 1 (Мустапаева и др., 2020). В пачке 2a¹ фораминиферы не встречены, а в пачке 2a² распространены многочисленные однокамерные фораминиферы и турнейеллиды, в том числе *Endoglomospiranella imminuta*.

Самый богатый комплекс фораминифер зоны *Quasiendothyra kobeitusana substricta* встречен в скважине БС-1, которая была пробурена недалеко от канавы БК-3 в 1983 г. (Барсков и др., 1988). Ранее (Рейтлингер, Кулагина, 1987; Kulagina, 2013) мы выделяли слои с *Quasiendothyra kobeitusana substricta* – *Endoglomospiranella imminuta*, однако, поскольку последний вид поднимается выше по разрезу по сравнению с *Q. (Q.) kobeitusana substricta*, мы ограничили объем зоны только распространением зонального вида. Вышележащие слои, не содержащие *Q. (Q.) kobeitusana*, но включающие *Q. communis* и *Endoglomospiranella imminuta* (пачка 2a²), по всей видимости, соответствуют экзозоне с доживающими *Quasiendothyra*.

Е.А. Рейтлингер определила фораминиферы из разрезов двух скважин и канавы 1 по образцам Л.И. Кононовой 1983 г. (Фауна..., 1987, табл. 8), однако изображения фораминифер из пачек 1 и 2a¹ приведены не были. Наиболее представительный комплекс зоны *Q. kobeitusana substricta* представлен в обр. 36 (пачка 1) и 27 (пачка 2a¹) (рис. 5, 6). Разрез скважины БС-1 примечателен тем, что здесь зафиксировано самое раннее появление фораминифер *Tournayellina pseudobeata* вместе с квазиэндофорами. Совместное нахождение фораминифер и конодонтов демонстрирует, что первые единичные *Tournayellina pseudobeata* появляются в интервале, соответствующем нерасчлененным конодонтовым зонам Upper *praesulcata* – Lower *praesulcata*. Первые единичные *Tournayellina pseudobeata* совместно с *Q. communis* встречены также в обр. 8. В обр. 78 с конодонтами зоны *Polygnathus inornatus* (Kulagina, 2013).

Акме-зона *Tournayellina pseudobeata* выделена на основании частой встречаемости *Tournayellina pseudobeata* первоначально в качестве слоев с *Tournayellina* (Рейтлингер, Кулагина, 1987). Она прослежена в канавах БК-1 и БК-3 в пачках 3 и 4, а также в разрезе Буртыбай (обр. 55о) и обн. 8 (пачка IX,

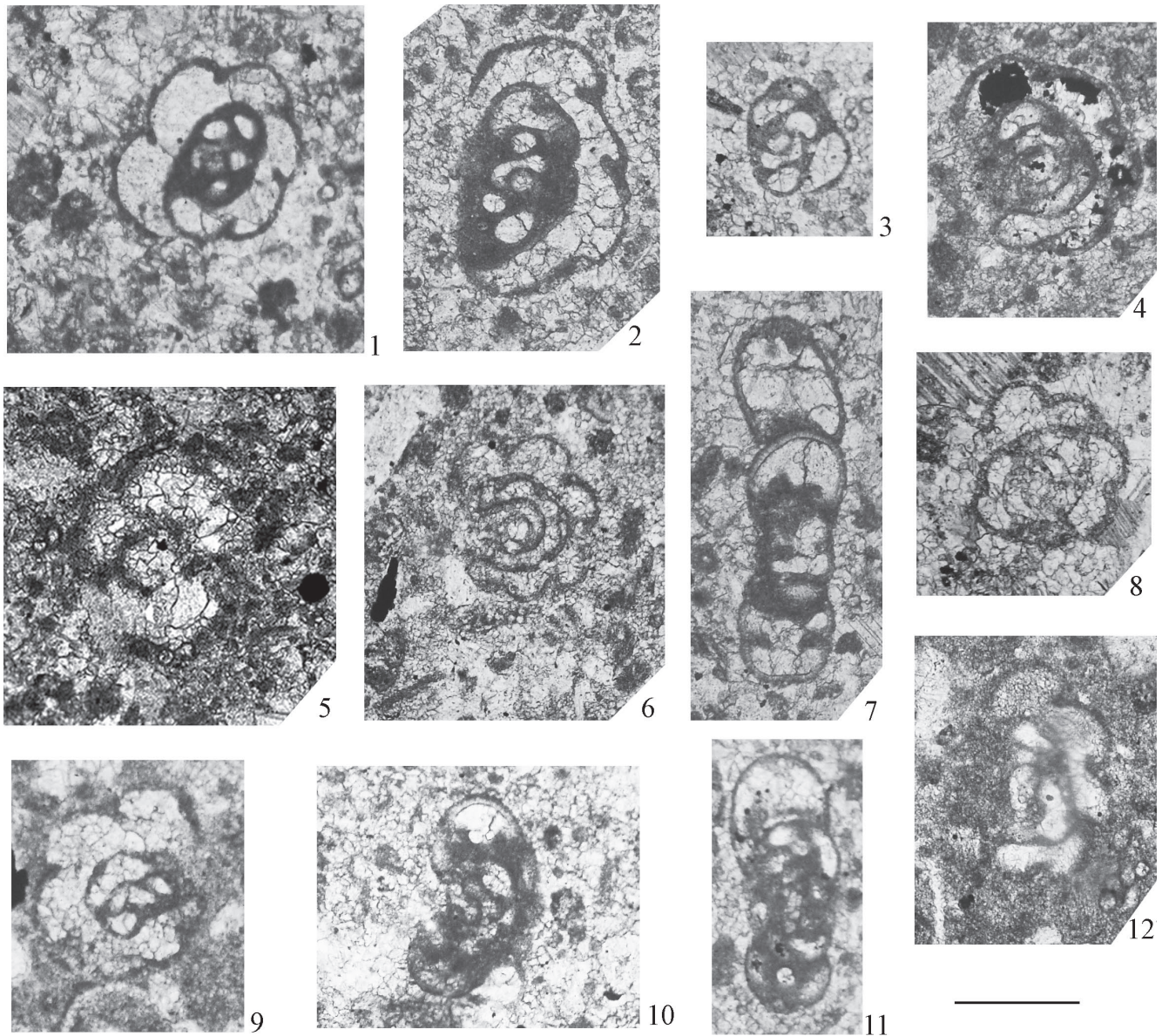


Рис. 5. Фораминиферы зоны *Quasiendothyra kobeitusana substricta*, скв. БС-1, пачка 1, обр. 36. Масштабный отрезок 0.2 мм. Коллекция Е.А. Рейтлингер, сборы Л.И. Кононовой, 1983 г.

- 1, 2. *Endoglomospiranella imminuta* (Conil et Lys, 1964): 1 – экз. 123/515, шлиф 5; 2 – экз. 123/516, шлиф 2.
 3. *Septaglomospiranella bouckaerti* Conil et Lys, 1970, экз. 123/517, шлиф 6.
 4. *Septatourayella (Eoseptatourayella) potensa* Durkina, 1959, экз. 123/518, шлиф 3а.
 5. *Tourayellina pseudobeata* Reitlinger et Kulagina, 1987, экз. 123/410(BC-1/36), шлиф 2 (Kulagina et al., 2021, fig. 7b).
 6. *Septatourayella (Eoseptatourayella) potensa variabilis* Reitlinger et Kulagina, 1987, в пелоидно-водорослево-фораминиферовом пакстоуне, экз. 123/519, шлиф 4.
 7. *Quasiendothyra kobeitusana substricta* Conil et Lys, 1964, экз. 123/520, шлиф 6.
 8. *Septabrunsiina berichogurica* (Reitlinger et Kulagina), 1987, экз. 123/521, шлиф 6.
 9. *Septabrunsiina* sp., экз. 123/522, шлиф 1.
 - 10, 11. *Quasiendothyra (Eoendothyra) communis* (Rausser-Chernousova, 1948), 10 – экз. 123/523, шлиф 6, 11 – экз. 123/524, шлиф 2.
 12. *Septabrunsiina kingirica* Reitlinger, 1961, экз. 123/525, шлиф 1.
- Сечения: 1, 4–6, 8, 9, 12 – медианные, 2 – косое, 3 – близкое к медианному, 7 – тангенциальное, 10, 11 – близкие к аксиальному.

Fig. 5. Foraminifers of the *Quasiendothyra kobeitusana substricta* Zone, Borehole BS-1, Member 1, Sample 36. Scale bar 0.2 mm. Collection of E.A. Reitlinger, collections of L.I. Kononova, 1983.

- 1, 2. *Endoglossospiranella imminuta* (Conil et Lys, 1964): 1 – specimen 123/515, thin section 5; 2 – specimen 123/516, thin section 2.
 3. *Septaglossospiranella bouckaerti* Conil et Lys, 1970, specimen 123/517, thin section 6.
 4. *Septatournayella (Eoseptatournayella) potensa* Durkina, 1959, specimen 123/518, thin section 3a.
 5. *Tournayellina pseudobeata* Reitlinger et Kulagina, 1987, specimen 123/410(BC-1/36), thin section 2 (Kulagina et al., 2021, fig. 7b).
 6. *Septatournayella (Eoseptatournayella) potensa variabilis* Reitlinger et Kulagina, 1987, in peloid-algal-foraminiferal packstone, specimen 123/519, thin section 4.
 7. *Quasiendothyra kobeitusana substricta* Conil et Lys, 1964, specimen 123/520, thin section 6.
 8. *Septabrunsiina bertchogurica* Reitlinger et Kulagina, 1987, specimen 123/521, thin section 6.
 9. *Septabrunsiina* sp., specimen 123/522, thin section 1.
 - 10, 11. *Quasiendothyra (Eoendothyra) communis* (Rausser-Chernousova, 1948), 10 – specimen 123/523, thin section 6, 11 – specimen 123/524, thin section 2.
 12. *Septabrunsiina kingirica* (Reitlinger, 1961) specimen 123/525, thin section 1.
- Type of section: 1, 4–6, 8, 9, 12 – median, 2 – oblique, 3 – close to median, 7 – tangential, 10, 11 – close to median.

обр. 82-84). В этих слоях встречаются также редкие мелкие *Earlandia*, паракалигеллоидесы и желваки водорослей *Garwoodia*. Эта своеобразная микрофауна характерна для слоев с *Acutimitoceras* и представлена в коллекции Е.А. Рейтлингер из сборов Х.С. Розман 1957 г. – обр. 661a, 681a (от кровли) до – 681н (основания “слоя 17 с гониатитами”) (рис. 7). К сожалению, мы не можем показать эти образцы на карте, но по микроструктуре известняков в шлифах и указанию на этикетке на то, что образцы из слоев с гониатитами, можно предположить, что эта коллекция происходит из разреза Берчогур. Она хранится в Геологическом институте ГИН РАН и временно взята для изучения в ИГ УФИЦ РАН. Из этой коллекции происходит голотип *Tournayellina pseudobeata* (см. рис. 7, фиг. 5).

Аммоноидеи

Аммоноидеи встречаются в пачках 3 и 4 (рис. 8). Из пачки 3 определены “*Imitoceras*” *bertchogurense* Balashova, 1953; *Acutimitoceras (?Stockumites) dzhanganense* Nikolaeva, 2020; *A. (?Stockumites) mugdzharense* Kusina in Barskov et al., 1984; *?Nicimitoceras* cf. *carinatum* (Schmidt, 1924); *Sulcimitoceras yatskovi* Kusina, 1985 и *Acutimitoceras (?Stockumites) alabasense* Nikolaeva, 2020. Пачка 3 перекрывается сланцами пачки 4 с *Acutimitoceras (?Stockumites) pulchrum* (Kusina, 1985) и *Acutimitoceras (?Stockumites) dzhanganense* Nikolaeva, 2020 (см. рис. 8).

Конодонты

В 2019 г. мы повторно опробовали разрез Берчогур (карбонаты и сланцевые пачки, канавы БК-1, БК-3, БК-4). Пробы содержали 36 экземпляров конодонтов, из которых 18 представляли собой платформенные элементы, а остальные – рамиформные. Установлены представители родов *Polygnathus*, *Neopolygnathus*, *Bispathodus*, *Siphonodella*, *Mehlina*, *Icriodus* и *Apatognathus* (рис. 9). Конодонты крайне редки, обнаружены лишь в единичных образцах. Коллекция конодонтов

№ 243 хранится на кафедре палеонтологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ). Анализ конодонтов, распространенных в разрезах Берчогур, позволяет выделить следующие зоны.

1. Интервал от Upper *expansa* до базальной части Middle *praesulcata* (= зоны *Bispathodus ultimus ultimus* и *Siphonodella (Eosiphonodella) praesulcata* s.l. (Kaiser, 2009; Söte et al., 2017; Becker et al., 2021a, б), пачки 1, 2a¹ и 2a². Распознается по наличию *Icriodus costatus* (Thomas, 1949) (Гагиев и др., 1987, табл. 25, фиг. 9; Barskov et al., 1984, pl. 7, fig. 2a; Nikolaeva et al. 2022, fig. 7c, e), *Polygnathus inornatus* (Branson, 1934) (Гагиев и др., 1987, табл. 27, фиг. 1a; Nikolaeva et al., 2022, fig. 7f, g), *Mehlina strigosa* (Branson et Mehl, 1934a) и *Apatognathus varians cipitis* Kononova (Bushmina, Kononova, 1981). Последний первоначально был описан из самого верхнего фамена Кузбасса (Западная Сибирь, Россия), из слоев с *Icriodus costatus* и *Polygnathus parapetus* (Druce, 1969), первоначально отнесенных к верхней части зоны *B. costatus* (Бушмина, Кононова, 1981, с. 25, 34, табл. 6). Этот подвид также встречается на Южном Урале в местной зоне *Pseudopolygnathus trigonicus*, что соответствует зоне Upper *expansa* (Артюшкова и др., 2011, рис. 20). Вид *Polygnathus inornatus* известен из разрезов многих регионов мира; впервые он появляется в зоне Middle *expansa* верхнего фамена (основание зоны *Bispathodus costatus*, см. Ziegler, Sandberg, 1984, рис. 4) и продолжается до верхнего турне (e.g., Spalletta et al., 2017). Наблюдается распространение икриодид до верхов пачки 2a¹.

2. Основная часть бывшей зоны Middle *praesulcata* (= *costatus-kockeli* Interregnum (Becker et al., 2021a; Kaiser et al., 2021)) зафиксирована в пачке 2b. В этой пачке отмечается наиболее раннее появление *Siphonodella (Eosiphonodella) praesulcata* (скв. БС-1, см. рис. 4; 2 на рис. 9), тогда как в других регионах его первое появление определяется в зоне Lower *praesulcata* (s. l., см. обсуждение в работе (Söte et al., 2017)). Последнее нахождение (LAD) *Icriodus costatus*, *Mehlina strigosa* и *Apatognathus varians cipitis* в верхней части пачки 2a, вероятно,

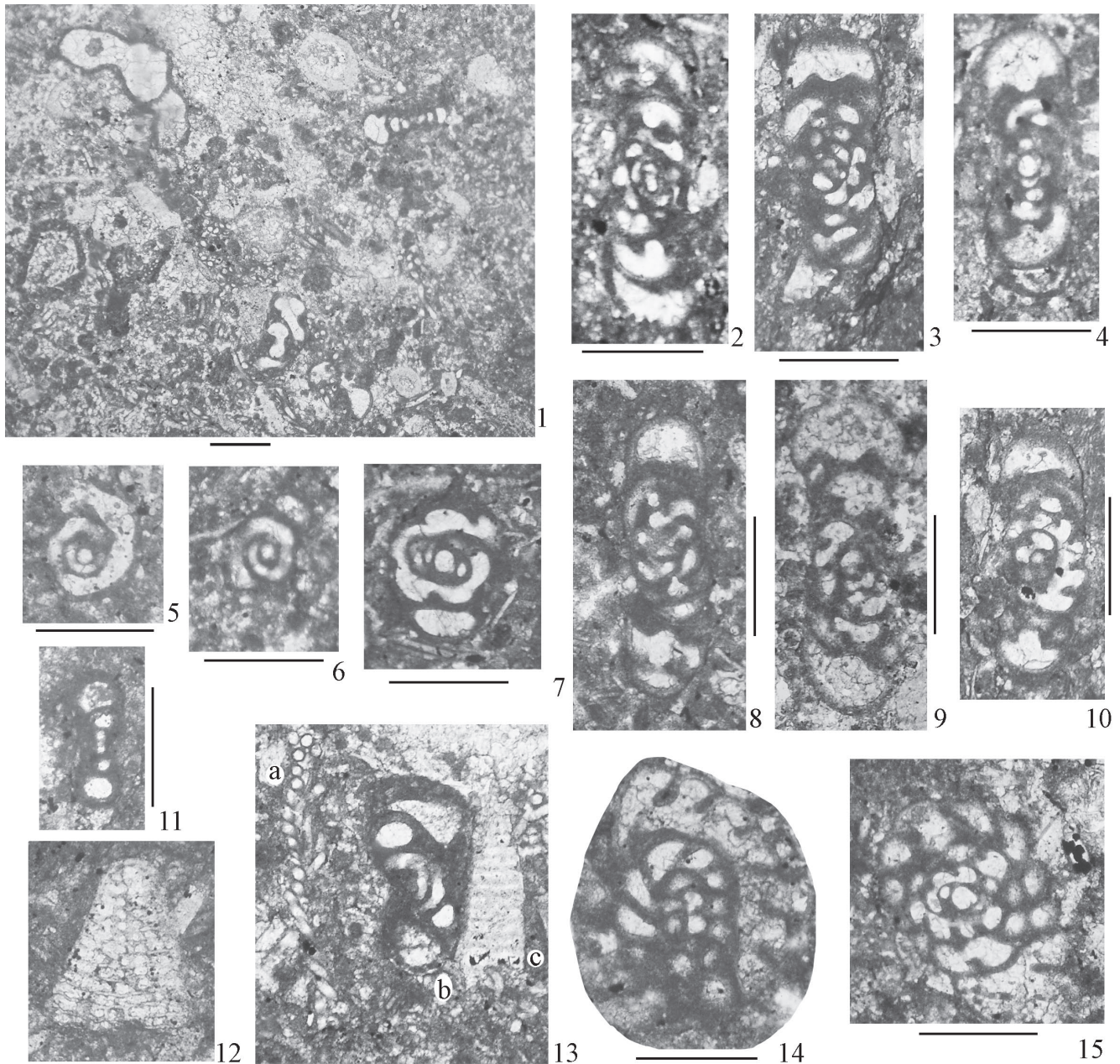


Рис. 6. Фораминиферы и водоросли зоны *Quasiendothyra kobeitusana substricta*, Берчогур, скв. БС-1, пачка 2а¹, образец 27.

Масштабный отрезок 0.2 мм. Коллекция Е.А. Рейтлингер, сборы Л.И. Кононовой, 1983 г.

1. Пакстоун фораминиферо-водорослевый, шлиф 3.
 - 2, 3, 8, 9, 14. *Quasiendothyra (Quasiendothyra) kobeitusana substricta* Conil et Lys, 1964: шлифы 8, 9, 6, 5, 9 соответственно, 2 – экз. 123/526; 3 – экз. 123/527; 8 – экз. 123/528; 9 – экз. 123/529; 14 – экз. 123/530.
 - 4, 15. *Quasiendothyra (Eoendothyra) regularis* (Lipina, 1955): 4 – экз. 123/531; шлиф 10, 15 – экз. 123/532; шлиф 8.
 - 5, 6. *Pseudocornuspira siratchoia* (Вукова, 1952) (= *Tournayella (Eotournayella) aff. jubra* Lipina et Pronina in Lipina, 1964 (Рейтлингер, 1969)): 5 – медианное сечение, экз. 123/533, шлиф 4, 6 – 123/534, шлиф 2.
 7. *Septaglomospiranella compressa* Lipina, 1965, экз. 123/535, шлиф 6.
 10. *Quasiendothyra (Quasiendothyra) mirabilis* N. Tchernysheva, 1952, экз. 123/536, шлиф 9.
 11. *Septatournayella (Eoseptatournayella) potensa* Durkina, 1959, экз. 123/537, шлиф 2.
 12. *Menselina clathrata* Антропов, 1967, экз. 123/538, шлиф 8.
 13. Водорослево-фораминиферный вакстоун: 13а – *Girvanella* sp., экз. 123/539; 13б – экз. 123/540, *Glomospiranella vutchevda* (Durkina, 1959), 13с – экз. 123/541, *Menselina* sp., шлиф 2.
- Сечения: 2, 3, 4, 6, 9, 10, 11 – аксиальные, 14, 15 – медианные.

Fig. 6. Foraminifers and algae of the *Quasiendothyra kobeitusana* Zone, Berchogur, Borehole BS-1, Member 2a¹, Sample 27.

Scale bar 0.2 mm. Collection of E.A. Reitlinger, sampled by L.I. Kononova, 1983.

1. Foraminiferal-algal packstone, thin section 3.

2, 3, 8, 9, 14. *Quasiendothyra (Quasiendothyra) kobeitusana substricta* Conil et Lys, 1964: thin sections 8, 9, 6, 5, 9, 2 – specimen 123/526; 3 – specimen 123/527; 8 specimen 123/528; 9 – specimen 123/529; 14 – specimen 123/530.

4, 15. *Quasiendothyra (Eoendothyra) regularis* (Lipina, 1955): 4 – specimen 123/531; шлиф 10, 15 – specimen 123/532; thin section 8.

5, 6. *Rectocornuspira siratchoya* Bykova, 1952 (= *Tournayella (Eotournayella) aff. jubra* Lipina et Pronina in Lipina, 1964 (Reitlinger, 1969)): 5 – median, specimen 123/533, thin section 4, 6 – 123/534, thin section 2.

7. *Pseudocornuspira siratchoya* (Bykova, 1952), specimen 123/535m, thin section 6.

10. *Quasiendothyra (Quasiendothyra) mirabilis* N. Tchernysheva, 1952, specimen 123/536, thin section 9.

11. *Septatournayella (Eoseptatournayella) potensa* Durkina, 1959, specimen 123/537, thin section 2.

12. *Menselina clathrata* Antropov, 1967, specimen 123/538, thin section 8.

13. Algal-foraminiferal wackestone: 13a – *Girvanella* sp., specimen 123/517; 13b – specimen 123/518, *Glomospiranella vytechgeda* (Durkina, 1959), 13c – specimen 123/519, *Menselina* sp., thin section 2.

Type of section: 2, 3, 4, 6, 9, 10, 11 – axial, 14, 15 – median.

коррелирует с основным вымиранием конодонтов, определяющим основание зоны *costatus-kockeli* Interregnum (Kaiser, 2009).

3. Возможный эквивалент зоны *Upper praesulcata* (= зона *Protognathodus kockeli*) в пачке 2b. Зона *Upper praesulcata* коррелирует с интервалом *Lower Protognathodus* (Ziegler, 1962), зоной *Upper praesulcata* (Sandberg, Dreesen, 1984; Ziegler, Sandberg, 1990; Corradini, 2003), зоной *kockeli* (Kaiser et al., 2021) и нижней частью зоны *Pr. kockeli* (Corradini et al., 2017; Spalletta et al., 2017). Здесь появляется морфологически более продвинутая форма *S. (Eo.) cf. praesulcata*, указывающая на принадлежность к этой зоне. Комплекс также включает *Polygnathus inornatus*, переходящий из интервала *Upper expansa* – основание *Middle praesulcata*, что также может указывать на верхнюю часть зоны *praesulcata*. В разрезе Берчогур не встречены *Protognathodus kockeli*. Однако этот уровень (= зона *kockeli*) в других разрезах мира зафиксирован на уровне находок видов рода *Bispathodus*, и один из них, *B. spinulicostatus* (Branson, 1934) (Nikolaeva et al., 2022, fig. 7o, p), часто встречается в этой зоне (Corradini et al., 2017).

4. Зона *Siphonodella sulcata* установлена по наличию вида-индекса. Первое его появление фиксируется около 20 см выше подошвы известняковой пачки 3: в канаве БК-1 – в обр. БК-19-12/3 (пласт 3b) и в канаве БК-3 (пласт 3с, обр. 5a). Первоначально зона была установлена по единичному экземпляру (Гагиев и др., 1987, табл. 27, фиг. 12a; Varskov et al., 1984, pl. 6, fig. 7a; Nikolaeva et al., 2022, fig. 7a). Из этого же образца (5a канавы БК-3) нам удалось еще получить экземпляры данного вида (см. 1 на рис. 9) (Nikolaeva et al., 2022, fig. 7b). Находка *S. (Eo.) sulcata* в пласте 3b пачки 3 в канаве БК-1 подтверждает отнесение этой пачки к зоне *sulcata*. Уровень основания зоны *sulcata* в пределах пачки 2b, как предложено в (Фауна..., 1987), не подтвержден последними исследованиями.

Для этой зоны также характерно появление нескольких представителей рода *Bispathodus* – *B.*

aculeatus aculeatus (Branson et Mehl, 1934) (см. 15 на рис. 9) (Nikolaeva et al., 2022, fig. 7q–s), *B. aculeatus anteposicornis* (Scott, 1961) (см. 16 и 17 на рис. 9), *B. spinulicostatus* и *B. stabilis vulgaris* (Dzik, 2006) (Nikolaeva et al., 2022, fig. 7t). *B. aculeatus aculeatus*, найденный в нижней части пачки 3 (обр. БК1-19-12/1), появляется в основании зоны *Middle expansa* и проходит до нижнего турне (Ziegler, Sandberg, 1984; Corradini et al., 2017).

Pseudopolygnathus fusiformis Branson et Mehl, 1934 (см. 3 на рис. 9) широко распространен в пограничных отложениях девона и карбона. Этот вид появляется примерно на том же уровне, что и первые аммоноидеи, обнаруженные нами в 2018–2019 гг.

Полигнатиды представлены видом *Neopolygnathus communis* (Branson et Mehl, 1934) (обр. БК1-19-12/1), который распространен от нижнего фамена до нижнего турне (Corradini et al., 2017).

ЭПИЗОДЫ ХАНГЕНБЕРГСКОГО СОБЫТИЯ В БЕРЧОГУРЕ

По литологическим признакам в сочетании с распространением аммоноидей, конодонтов, фораминифер и других ископаемых в разрезе Берчогур можно предположить следующую последовательность эпизодов глобального Хангенбергского события (рис. 10).

Период, предшествующий Хангенбергскому событию, соответствует пачке 1 и нижней части пачки 2a, сложенной глинистыми сланцами и известняками.

Верхний слой пачки 2a¹ (слой 5 в ВК1), представленный гравелитом мощностью до 10 мм, указывает на регрессию, которая, по-видимому, соответствует прелюдии Хангенбергского события. Этот прослой гравелита, возможно, отвечает песчаннику Древер в Рейнской области в Германии, который локально наблюдается в кровле известняка Wocklum с аммоноидеями генозоны *Wocklumeria* (Becker et al., 2021a, б; Hartenfels et al., 2022). Завершает пачку 2a² водорослевый грейнстоун (0.45 м,

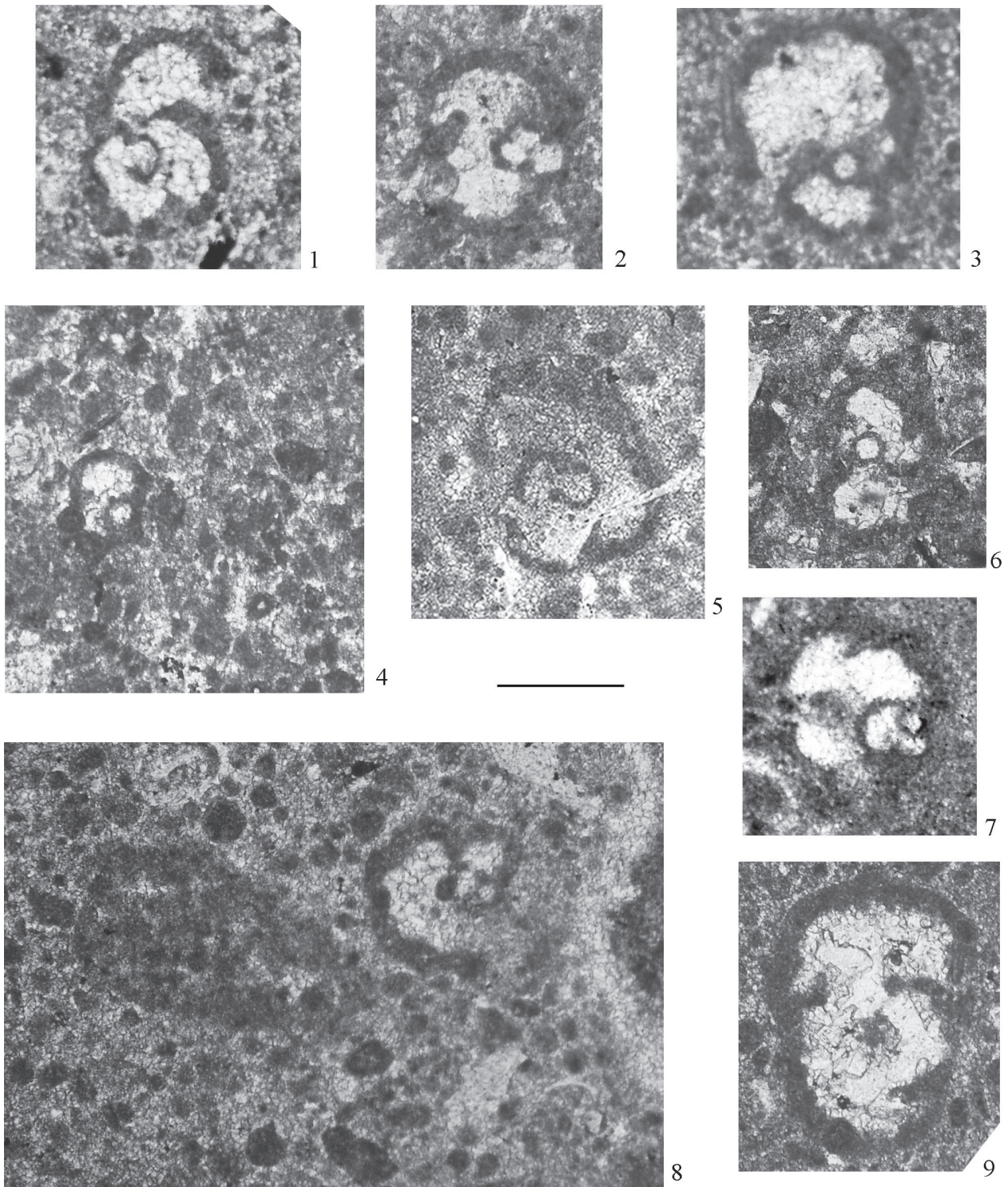


Рис. 7. Фораминиферы акме-зоны *Tournayellina pseudobeata*, Джангансай, “гониятитовые слои” по этикетке из коллекции Е.А. Рейтлингер, сборы Х.С. Розман, 1957 г.
Масштабный отрезок 0.2 мм.

Фиг. 1–9 – *Tournayellina pseudobeata* Reitlinger et Kulagina, 1987: 1 – экз. 123/542(63), образец (обр.) 681и, шлиф 3; 2, 5, 6 – все из шлифа 1, обр. 661а(55); 2 – экз. 123/543, 5 – голотип 123/18 (Рейтлингер, Кулагина, 1987, табл. 4, фиг. 18; Kulagina et al., 2021, fig. 7a), 6 – экз. 123/544; 3 – экз. 123/545 обр. 681и, шлиф 5; 4 – экз. 123/546, обр. 681о, шлиф 3; 7 – экз. 123/547, обр. 681н, шлиф 1; 8 – экз. 123/548, вакстоун пелоидный с отдельными литокластами, обр. 681и, шлиф 3; 9 – экз. 123/549, обр. 681и, шлиф 5.

Сечения: 3, 6, 9 – аксиальные; 1–3, 7, 8 – медианные и близкие к ним.

Fig. 7. Foraminifers of the *Tournayellina pseudobeata* Acme-Zone, “goniatite beds” according to a label in E.A. Reitlinger’s collection, collected by Kh.S. Rozman, 1957. Scale bar 0.2 mm.

1–9 – *Tournayellina pseudobeata* Reitlinger et Kulagina, 1987: 1 – specimen 123/542, Sample 681i, thin section 3-63; 2, 5, 6 – all from section 1-55, Sample 661a: 2 – specimen 123/543, 5 – holotype 123/18 (Reitlinger, Kulagina, 1987, pl. 4, fig. 18; Kulagina et al., 2021, fig. 7a), 6 – specimen 123/544; 3 – specimen 123/545, Spl. 681i, thin section 5; 4 – specimen 123/546, Sample 681o, thin section 3; 7 – specimen 123/547, Sample 681n, thin section 1; 8 – specimen 123/548, peloidal wackestone with lithoclasts, Sample 681i, thin section 3; 9 – specimen 123/549, Sample 681i, thin section 5. Sections: 3, 6, 9 – axial; 1–3, 7, 8 – median and nearly median.



Рис. 8. Некоторые аммоноидеи разреза Берчогур, пачка 3с. Масштабный отрезок 1 см.

1. *Acutimitoceras* (?*Stockumites*) *dzhanganense* Nikolaeva, 2020, экз. ПИН, № 5643/1.
- 2, 3. "*Imitoceras*" *bertchogurense* Balashova, 1953: 2 – экз. ПИН, № 5643/5; 3 – экз. ПИН, № 4005/39.
4. *Acutimitoceras* (?*Stockumites*) *dzhanganense* Nikolaeva, 2020, экз. ПИН, № 4005/195.
5. *Acutimitoceras* (?*Stockumites*) *alabasense* Nikolaeva, 2020, экз. ПИН, голотип № 4005/147.

Fig. 8. Ammonoids from the Berchogur Section, Member 3c.
Scale bar 1 cm.

1. *Acutimitoceras* (?*Stockumites*) *dzhanganense* Nikolaeva, 2020, specimen PIN, no. 5643/1.
- 2, 3. "*Imitoceras*" *bertchogurense* Balashova, 1953: 2 – specimen PIN, no. 5643/5; 3 – specimen PIN, no. 4005/39.
4. *Acutimitoceras* (?*Stockumites*) *dzhanganense* Nikolaeva, 2020, specimen PIN, no. 4005/195.
5. *Acutimitoceras* (?*Stockumites*) *alabasense* Nikolaeva, 2020, holotype PIN, no. 4005/147.

слой 6 в БК1), на котором с небольшим несогласием залегают глинистые сланцы от темно-коричневого до почти черного цвета пачки 2b. По сравнению с пачкой 2a в пачке 2b реже встречаются раковины остракод, двустворчатых моллюсков, отмечаются остатки неаммоноидных цефалопод и иглокожих, отсутствуют водоросли, что свидетельствует о быстром углублении бассейна. Накопление пачки 2b, вероятно, связано со значительным увеличением глубины морского дна ниже фотической зоны и соответствует трансгрессивной фазе. В таком случае глинистые сланцы пачки 2b предположительно соотносятся с хангенбергскими черными сланцами (Becker et al., 2021a) и коррелируют с нижним кризисным интервалом (низы зоны *costatus-kockeli* Interregnum).

Пачка 2b перекрывается известняками пачки 3 (пласты 3a–b) с фораминиферами *Tournayellina pseudobeata* и желваками водорослей *Garwoodia* (канавы БК-1 и БК-3), что свидетельствует о мелководных условиях. Возможно, между пачками 2b и 3 есть небольшой перерыв, поскольку Ю.А. Гатовский в 2019 г. наблюдал железистую корку мощностью 1–2 см между глинистыми сланцами пачки 2b и известняками пачки 3 и небольшую брекчированность основания пачки 3a. Поэтому изменение литологии от глинистых сланцев пачки 2b до вакстоунов пачки 3 можно интерпретировать как кратковременную регрессию.

Залегающий выше пласт 3c, представленный вакстоуном с аммоноидеями, и перекрывающие его алевролиты и глинистые сланцы с редкими прослоями пакстоунов (пачка 4), по всей видимости, отвечают следующей трансгрессивной фазе эволюции бассейна. Это подтверждается находками аммоноидей *Acutimitoceras* и конодонтов *Siphonodella*. Учитывая, что фауна *Acutimitoceras* появляется только в пачке 3c, можно предположить быстрое углубление. Пачку 3, по крайней мере ее верхнюю часть (3c), можно считать эквивалентом Штокумского известняка Рейнского массива (Clausen et al., 1994) и базального известняка свиты Астьер Арденн (Becker et al., 2021a). Это согласуется с данными европейских разрезов, где мелкомасштабная регрессия, соответствующая пачке 3a и нижней части 3b (регрессия песчаника

Хангенберг), сменяется трансгрессией, что происходит вблизи первого появления (FAD) конодонтов *S. (Eo.) sulcata*. Последние исследования (Nikolaeva et al., 2022) подтвердили первое появление *S. (Eo.) sulcata* в средней и верхней частях пачки 3, как это было ранее установлено (Barskov et al., 1984; Барсков и др., 1988).

ОБСУЖДЕНИЕ

Утвержденная в настоящее время граница девона и карбона проводится по появлению конодонтов *Siphonodella (Eosiphonodella) sulcata* и проходит внутри аммоноидной генозоны *Acutimitoceras* (Becker et al., 2021a, б).

Граница D–C в разрезе Берчогур ранее проводилась в основании пачки 3 (Nikolaeva et al., 2022). Однако анализ распространения маркерных таксонов позволяет внести некоторые коррективы. С учетом новых находок *S. (Eo.) sulcata* в канаве БК-1 граница проведена в основании пласта 3b по первому появлению (FOD = First occurrence datum) вида *S. (Eo.) sulcata*. Установлено, что первое появление вида конодонтов *S. (Eo.) praesulcata* приходится на пачку 2b. Учитывая находки аммоноидей генозоны *Acutimitoceras* в пласте 3c и то, что *S. sulcata* в Западной Европе впервые появляется в зоне *prorsum* (Clausen, Korn, 2008), пачку 3 хотя бы частично можно сопоставить с зоной *prorsum*. Верхние горизонты пачки 4, вероятно, соответствуют зоне *Gattendorfia*, так как некоторые разрозненные остатки, обнаруженные в разрезе, могут быть идентифицированы как фрагменты *Gattendorfia* sp.

Ранее выдвинутое предположение, что вид *S. (Eo.) sulcata* следует искать в верхней части пачки 2b, не подтвердилось. Конодонты из пачки 2b включают *Icriodus costatus*, *Apatognathus varians*, *Polygnathus inornatus inornatus*, *Po. lobatus*, *Po. longiposticus*, *Po. parapetus*, *Po. vogesi*, *Siphonodella (Eo.) praesulcata*, *Bispathodus stabilis* и *Pseudopolygnathus fusiformis*, что может соответствовать интервалу *costatus – kockeli* Interregnum, но вид *Protonathodus kockeli* в этом разрезе не обнаружен.

Смена фаций, сопровождаемая изменениями ископаемых ассоциаций в пограничных отложениях девона и карбона Берчогура, может быть сопоставлена



Рис. 9. Фаменско-турнейские конодонты из разреза Берчогур.
Масштабная линейка равна 100 мкм.

- 1, 5, 8, 9, 12–14 – нижнее турне, зона *sulcata*; 2 – самый верхний фамен, зона Upper *praesulcata*; 3, 4, 6, 7, 10, 11, 16, 17 – самый верхний фамен, зоны Lower-Middle *praesulcata*.
1. *Siphonodella (Eosiphonodella) sulcata* (Huddle, 1934), БК-3/5а, пачка 3, обр. 5а.
 2. *Siphonodella (Eosiphonodella) praesulcata* Sandberg (Sandberg et al., 1972), БК-1/15, пачка 2b, сл. 10, обр. 15.
 3. *Pseudopolygnathus fusiformis* Branson et Mehl, 1934, БС-2/54; переизображение из (Barskov et al., 1984, pl. 7, fig. 1), пачка 2а², скв. БС-2, обр. 54.
 4. *Polygnathus vogesi* Ziegler, 1962, БК-1/2, пачка 1, сл. 1, обр. 2.
 5. *Polygnathus parapetus* Druce, 1969, БК-3/5, пачка 3, обр. 5.
 6. *Polygnathus inornatus inornatus* Branson et Mehl, 1934, БК-1/1, пачка 1, сл. 1, обр. 1.
 - 7, 11. *Apatognathus varians* Branson et Mehl, 1934: 7 – БК-1/3, пачка 1, сл. 1, обр. 3; 11 – БК-1/2, пачка 1, сл. 1, обр. 2. Фиг. 8, 9. *Polygnathus purus purus* Voges, 1959: 8 – БК-3/6а, пачка 3, обр. 6; 9 – БК-3/6, пачка 3, обр. 6.
 10. *Icriodus costatus* (Thomas, 1949), БК-1/4, пачка 2, сл. 4, обр. 1.
 - 12, 13. *Pseudopolygnathus prima* Branson et Mehl, 1934: 12 – БК-3/5а, пачка 3, обр. 5а, нижнее турне, зона *sulcata*; 13 – БК-3/5а, пачка 3, обр. 5а.
 14. *Bispathodus costatus* (Branson, 1934), переходная форма, БК-3/5а, пачка 3, обр. 5а.
 15. *Bispathodus aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl, 1934), БК-3/5а, пачка 3, обр. 5а.
 - 16, 17. *Bispathodus aculeatus anteposicornis* (Scott, 1961): 16 – БК-3/6, пачка 3, обр. 6, нижнее турне, зона *sulcata*; 17 – БС-2, пачка 4, обр. 44.

Fig. 9. Famennian-Tournaisian conodonts from the Berchogur Section.
Scale bar 100 μ m.

- 1, 5, 8, 9, 12 – 14 – Lower Tournaisian, *sulcata* Zone; 2 – Uppermost Famennian, Upper *praesulcata* Zone; 3, 4, 6, 7, 10, 11, 16, 17 – Uppermost Famennian, Lower-Middle *praesulcata* zones.
1. *Siphonodella (Eosiphonodella) sulcata* (Huddle, 1934), БК-3/5а, Member 3, Sample 5а.
 2. *Siphonodella (Eosiphonodella) praesulcata* Sandberg (Sandberg et al., 1972), БК-1/15; Member 2b, Bed 10, Sample 15.
 3. *Pseudopolygnathus fusiformis* Branson et Mehl, 1934, BS-2/54; re-image from (Barskov et al., 1984, pl. 7, fig. 1), Member 2а², Sample 54.
 4. *Polygnathus vogesi* Ziegler, 1962, БК-1/2; Member 1, Bed 1, Sample 2.
 5. *Polygnathus parapetus* Druce, 1969, БК-3/5, Member 3, Sample 5.
 6. *Polygnathus inornatus inornatus* Branson et Mehl, 1934, БК-1/1, Member 1, Bed 1, Sample 1.
 - 7, 11. *Apatognathus varians* Branson et Mehl, 1934: 7 – БК-1/3; Member 1, Bed 1, Sample 3; 11 – БК-1/2; Member 1, Bed 1, Sample 2.
 - 8, 9. *Polygnathus purus purus* Voges, 1959: 8 – БК-3/6а; Member 3, Sample 6; Lower Tournaisian, *sulcata* Zone; 9 – БК-3/6; Member 3, Sample 6.
 10. *Icriodus costatus* (Thomas, 1949), БК-1/4; Member 2, Bed 4, Sample 1.
 - 12, 13. *Pseudopolygnathus prima* Branson et Mehl, 1934: 12 – БК-3/5а, Member 3, Sample 5а, Lower Tournaisian, *sulcata* Zone; 13 – БК-3/5а, Member 3, Sample 5а.
 14. *Bispathodus costatus* (Branson, 1934) morphotype 1 – *Bispathodus aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl, 1934), transitional form, БК-3/5а, Member 3, Sample 5а.
 15. *Bispathodus aculeatus aculeatus* (Branson et Mehl, 1934), БК-3/5а; Member 3, Sample 5а.
 - 16, 17. *Bispathodus aculeatus anteposicornis* (Scott, 1961): 16 – БК-3/6, Member 3, Sample 6, 17 – BS-2, Member 4, Sample 44.

ставлена с последовательностью трансгрессивно-регрессивных эпизодов в разрезах Западной Европы. Корреляция литологических изменений с эпизодами Хангенбергского события подтверждается палеонтологическими данными. Результаты исследований Западного Казахстана могут существенно помочь при разработке комплексного критерия определения границы девона и карбона в глобальном масштабе.

ВЫВОДЫ

В разрезе Берчогур предположительно выявлены интервалы, соответствующие эпизодам глобального Хангенбергского события. Период, предшествующий вымиранию, соответствующий расцвету фораминифер зоны *Q. kobetusana substricta* и конодонтовым зонам Upper *expansa* – Lower *praesulcata*, проявляется в пачках 1 и 2а¹. Эпизод прелюдии вымирания отражен в пачке 2а² и отвеча-

ет верхней части зоны Lower *praesulcata* и экзозоне с доживающими *Quasiendothyra*. Нижний кризисный интервал (хангенбергские черные сланцы Европы) сопоставляется с глинистой пачкой 2b и соответствует интервалу конодонтовых зон Middle *praesulcata* – нижняя часть Upper *praesulcata*. Пачка 3с с аммоноидеями и конодонтами зоны *sulcata* и пачка 4 соответствуют трансгрессивной фазе и рассматриваются как эквивалент штокумского известняка Рейнского массива. Таким образом, переход от карбонатной седиментации (пачки 1, 2а) к преимущественно терригенной (пачка 2b), вероятно, отражает начало глобального Хангенбергского события.

Благодарности

Авторы благодарны А.С. Алексееву за внимательное прочтение рукописи и ценные замечания, а также рецензентам О.В. Артюшковой и анонимному рецензенту за полезные замечания и конструктивные предложения.

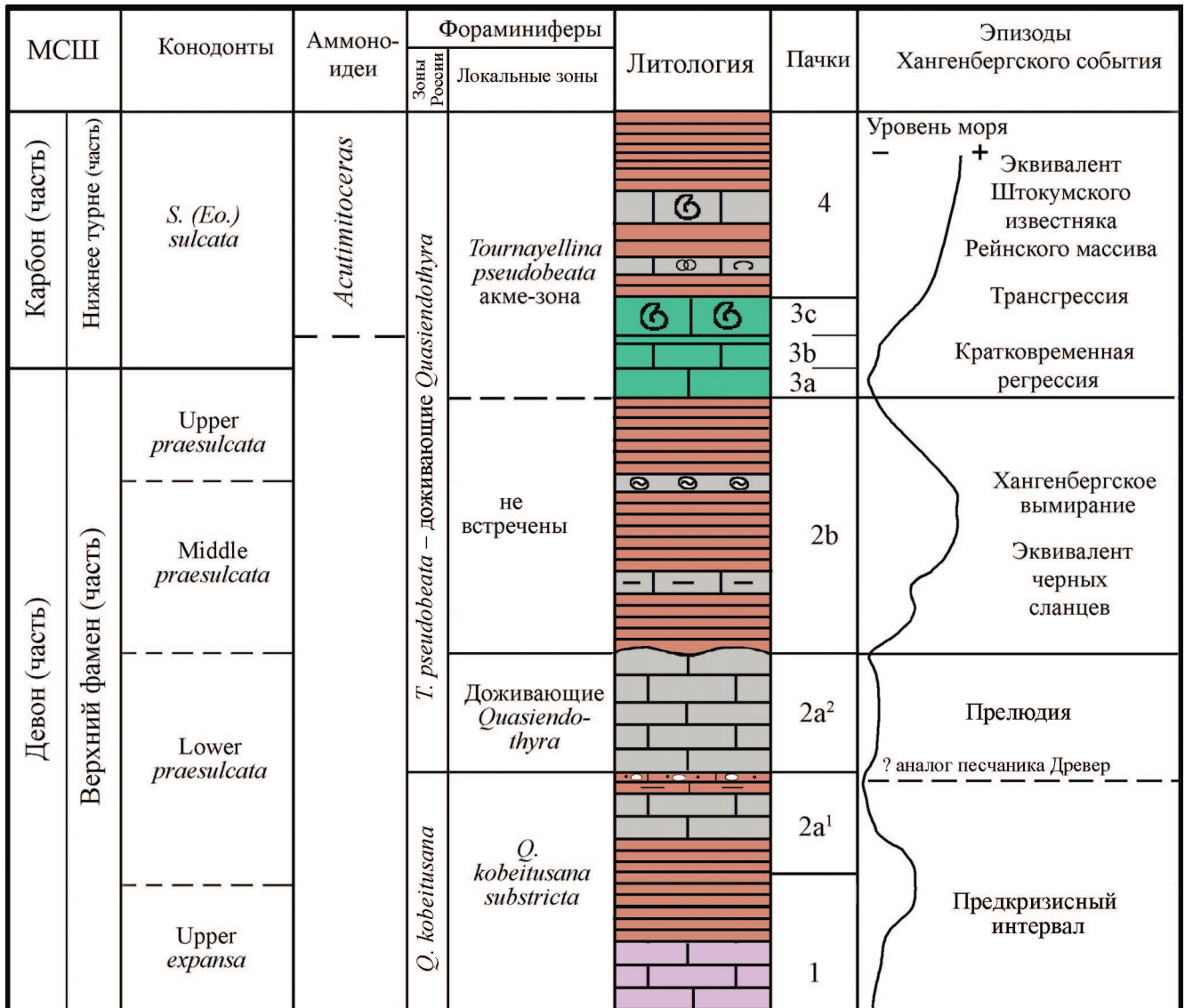


Рис. 10. Расчленение разреза Берчогур по конодонтам, аммоноидеям, фораминиферам и предполагаемая корреляция с эпизодами Хангенбергского события.

Зоны России по (Кулагина и др., 2018; Kulagina et al., 2021).

Fig. 10. Zonal subdivisions in the Berchogur Section based on conodonts, ammonoids, foraminifers, and correlation with episodes of the Hangenberg Event.

Zones of Russian scale are according to (Kulagina et al., 2018, 2021).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А.С. (2023) Таблички *Cirrigipedia* из терминального фамена (верхний девон) Берчогура (Западный Казахстан). *Палеострат-2023. Годи́чное собрание (науч. конф.) секции палеонтологии МОИП и Московского отделения палеонтологического общества при РАН*. М.: Палеонтологический ин-т им. А.А. Борисяка РАН, 10-11.
Артюшкова О.В., Маслов В.А., Пазухин В.Н., Кулагина Е.И., Тагариева Р.Ч., Мизенс Л.И., Мизенс А.Г.

(2011) Типовые разрезы девона и нижнего карбона на западном склоне Южного Урала. *Путеводитель полевой экскурсии Междунар. конф. "Биостратиграфия, палеогеография и события в девоне и раннем карбоне" (SDS/IGCP 596 объединенная полевая сессия)*. Уфа, Виртуал, 92 с.
Балашова Е.А. (1945) О фауне и стратиграфии карбона Бер-Чогура. *Науч. бюл. Ленингр. ун-та*, 3, 22-28.
Барсков И.С., Кононова Л.И., Бывшева Т.В., Алексеев А.С. (1988) Граница девона и карбона в разрезе Берчогур (Мугоджары). *Граница девона и карбо-*

- на на территории СССР. (Отв. ред. В.К. Голубцов). Минск: Наука и техника, 171-180.
- Богословский Б.И. (1988) Эволюция и биохронология аммоноидей на рубеже девона и карбона. *Граница девона и карбона на территории СССР*. (Отв. ред. В.К. Голубцов). Минск: Наука и техника, 248-254.
- Бушмина Л.С., Кононова Л.И. (1981) Микрофауна и биостратиграфия пограничных отложений слоев девона и карбона (юг Западной Сибири). *Тр. ИГиГ СО АН СССР*, **459**, 1-123.
- Гагиев М.Х., Кононова Л.И., Пазухин В.Н. (1987) Конодонты. *Фауна и биостратиграфия пограничных отложений девона и карбона Берчогура (Мугоджары)*. (Ред. В.А. Маслов). М.: Наука, 91-97.
- Журавлев А.В., Соболев В.Б. (2019) Граница девона и карбона на востоке Печорской плиты (разрезы на р. Каменке и р. Вангыр). *Вестн. ИГ Коми НЦ УрО РАН*, **10**, 16-22. <https://doi.org/10.19110/2221-1381-2019-10-16-22>
- Кузина Л.Ф. (1985) К ревизии рода *Imitoceras*. *Палеонтол. журн.*, **3**, 35-48.
- Кулагина Е.И., Степанова Т.И., Зайцева Е.Л., Горожанина Е.Н., Гибшман Н.Б., Иванова Р.М., Вевель Я.А., Пономарева Г.Ю., Филимонова Т.В. (2018) *Атлас фораминифер и микрофаций верхнедевонских – каменноугольных отложений Северной Евразии. Фаменский и турнейский ярусы* [Электронное издание сетевого распространения]. М.: ПИН РАН, 205 с. URL: <http://ig.ufaras.ru/publikatsii/monografii-i-statii/>
- Мустапаева С.Н., Жаймина В.Я., Куриленко А.В. (2020) Описание разрезов пограничных отложений верхнего девона и нижнего карбона гор Мугалжар (Актюбинская область). Алматы: Satbayev University, 120 с.
- Николаева С.В., Гатовский Ю.А., Кулагина Е.И., Зайцева Е.Л. (2016) Граница девона и карбона: новые решения старой проблемы. Сов. междунар. рабочей группы в Монпелье, 20–22 сентября 2016 г. *Бюлл. МОИП. Отд. геол.*, **91**(6), 66-74.
- Николаева С.В., Кулагина Е.И., Мустапаева С.Н., Алексеев А.С., Гатовский Ю.А., Кононова Л.И., Ахметшина Л.З., Куриленко А.В., Кашеева Е.Г. (2020) Пограничные отложения девона и карбона в Берчогуре (Западный Казахстан): история исследований, мировое значение, новейшие данные. *Бюлл. МОИП. Отд. геол.*, **95**(2), 17-25.
- Пазухин В.Н., Кулагина Е.И., Седаева К.М. (2009) Граница девона–карбона на западном склоне Южного Урала. *Типовые разрезы карбона России и потенциальные глобальные стратотипы. Южноуральская сессия*. Материалы Междунар. полевого сов. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 22-33.
- Рейтлингер Е.А. (1961) Некоторые вопросы систематики квазиэндопир. *Вопр. микропалеонтологии*, **5**, 31-68.
- Рейтлингер Е.А., Кулагина Е.И. (1987) Фораминиферы. *Фауна и биостратиграфия пограничных отложений девона и карбона Берчогура (Мугоджары)*. (Ред. В.А. Маслов). М.: Наука, 48-52, 68-75.
- Розман Х.С. (1960) Стратиграфия фаменских и нижнетурнейских отложений Мугоджар и смежных районов Урала. *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, **12**, 42-51.
- Седаева К.М., Рябинкина Н.Н., Кулешов В.Н., Валяева О.В. (2010) Отражение хангенбергского глобального геологического события рубежа девона и карбона в разрезах западного склона Приполярного (р. Кожим) и Южного Урала (р. Сиказа). *Литосфера*, **6**, 25-37.
- Седаева К.М., Кулешов В.Н., Горожанина Е.Н., Горожанин В.М., Виноградов В.М., Пазухин В.Н. (2008) Хангенбергское глобальное геологическое событие и его отражение в литологии и изотопном составе ($\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$) разреза р. Сиказы (Башкортостан Ю. Урал). *Био- и литостратиграфические рубежи в истории Земли. Тр. Междунар. науч. конф.* Тюмень: ТюмГНГУ, 250-255.
- Фауна и биостратиграфия пограничных отложений девона и карбона Берчогура (Мугоджары) (1987) [Электронное издание сетевого распространения]. (Ред. В.А. Маслов). М.: Наука, 121 с. http://ig.ufaras.ru/?part_id=493,281,446
- Aretz M. (2021) Late Devonian extinctions. *Encyclopedia of Geology*. 2nd ed. (Ed. by D. Alderton, S.A. Elias). L.: Academic Press, 628-636. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12453-4>
- Aretz M., Corradini C. (2021) Global review of the Devonian-Carboniferous Boundary: an introduction. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **101**, 285-293. <https://doi.org/10.1007/s12549-021-00499-8>
- Aretz M., Corradini C. (2023) Moving forward with the redefinition of the Devonian/Carboniferous Boundary. *Strati 2023. 4th Int. Congress on Stratigraphy. Book of Abstracts*. Lille: Université de Lille, 246-247.
- Aretz M., Corradini C., Denayer J. (2021) The Devonian-Carboniferous Boundary around the globe: a complement. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **101**, 633-662. <https://doi.org/10.1007/s12549-021-00495-y>
- Barskov I.S., Simakov K.V., Alekseev A.S., Bogoslovsky B.I., Byvsheva T.V., Gagiev M.H., Kononova L.I., Kochetkova N.M., Kuzina L.F., Reitlinger E.A. (1984) Devonian–Carboniferous transitional deposits of the Berchogur section, Mugodzhar, USSR. *Cour. Forschungsinstitut Senckenberg*, **67**, 207-230.
- Becker R.T., Hartenfels S., Kaiser S.I. (2021a) Review of Devonian-Carboniferous boundary sections in the Rhenish Slate Mountains (Germany). *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **101**, 357-420. <https://doi.org/10.1007/s12549-020-00469-6>
- Becker R.T., Kaiser S.I., Aretz M. (2021b) Review of chrono-, litho- and biostratigraphy across the global Hangenberg Crisis and Devonian–Carboniferous boundary. *Devonian climate, sea level and evolutionary events, Geological Society of London, Spec. Publ.*, **423**, 355-386. <https://doi.org/10.1144/SP423>
- Clausen C.-D., Korn D. (2008) Höheres Mitteldevon und Oberdevon des nördlichen Rheinischen Schiefergebirges (mit Velberter Sattel und Kellerwald). *Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, **52**, 439-481.
- Clausen C.-D., Korn D., Feist R., Leuschner K., Gross-Uffendorfer H., Luppold F.W., Stoppel D., Higgs K., Streel M. (1994) Die Devon/Karbon-Grenze bei Stocckum (Rheinisches Schiefergebirge). *Geologie und Paläontologie in Westfalen*, **29**, 71-95.
- Corradini C. (2003) Late Devonian (Famennian) conodonts from the Corona Mizziu sections near Villasalto (Sardinia, Italy). *Palaeontographia Italica*, **98**, 65-116.
- Corradini C., Kaiser S.I., Perri M.C., Spalletta C. (2011) *Protrognathodus* (Conodonta) and its potential as a tool for

- defining the Devonian/Carboniferous boundary. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **117**(1), 15-28.
- Corradini C., Spalletta C., Mossoni A., Matyja H., Over D.J. (2017) Conodont across the Devonian/Carboniferous boundary: A review and implication for the redefinition of the boundary and a proposal for an updated conodont zonation. *Geol. Mag.*, **154**(4), 888-902. <https://doi.org/10.1017/S001675681600039X>
- Denayer J., Prestianni C., Mottequin B., Hance L., Poty E. (2021) The Devonian–Carboniferous boundary in Belgium and surrounding areas. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **101**, 313-356 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12549-020-00440-5>
- Gatovsky Yu.A. (2015) Famennian–Tournaisian boundary on the western slope of the South Urals, Russia: new look. *Strata. Série 1*, **16**. IGCP596–SDS Symposium, 51-52.
- Hartenfels S., Becker R.T., Herbig H.-G., Qie W., Kump T., Vleeschouwer D. de, Weyer D., Kalvoda J. (2022) The Devonian-Carboniferous transition at Borkewehr near Wocklum (northern Rhenish Massif, Germany) – a potential GSSP section. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **102**, 763-829. <https://doi.org/10.1007/s12549-022-00531-5>
- Hou H., Ma X., Zhou H., Ogg J.G., Shen Ya. (2022) The End-Devonian Hangenberg Event and its aftermath in South China: Stratigraphic and sedimentary records from shallow to deep water facies. *Earth Sci. Rev.*, **232**, 104137. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104137>
- Kaiser S.I. (2009) The Devonian/Carboniferous stratotype section La Serre (Montagne Noire) revisited. *Newslett. Stratigraphy*, **43**, 195-205.
- Kaiser S., Aretz M., Becker R.T. (2021) The global Hangenberg Crisis (Devonian-Carboniferous transition): review of a first-order mass extinction. *Devonian climate, sea level and evolutionary events, Geological Society London, Spec. Publ.*, **423**, 387-437.
- Kaiser S., Kump T., Rasser M.W. (2019) High resolution conodont biostratigraphy in two key sections from the Carnic Alps (Grüne Schneid) and Graz Paleozoic (Trolp) – implication for biozonation concept at the Devonian-Carboniferous boundary. *Newslett. Stratigraphy*, **53**(3), 249-274. <https://doi.org/10.1127/nos/0520>
- Kulagina E.I. (2013) Taxonomic diversity of foraminifers of the Devonian-Carboniferous boundary interval in the South Urals. *Bull. Geosci.*, **88**(2), 265-282.
- Kulagina E.I., Zaytseva E.L., Vevel Ya.A., Stepanova T.I., Gibshman N.B., Nikolaeva S.V., Kononova L.I., Plotitsyn A.N. (2021) The foraminiferal zonal scale of the Devonian–Carboniferous boundary beds in Russia and Western Kazakhstan and its correlation with ammonoid and conodont scales. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **101**(2), 561-588. <https://doi.org/10.1007/s12549-020-00439-y>
- Nikolaeva S.V., Kulagina E.I., Mustapayeva S.N., Alekseev A.S., Gatovsky Yu.A. (2019) The Devonian-Carboniferous Boundary sections in the Berchogur Depression (Mugodzhary Mountains, Western Kazakhstan). *Kölner Forum Geol. Paläont.*, **23**. 19th Int. Congress on the Carboniferous and Permian. Abstracts, 242-243.
- Nikolaeva S.V., Kulagina E.I., Mustapayeva S.N., Alekseev A.S., Gatovsky Yu.A., Denayer J., Ohar V., Kurilenko A.V., Mychko E.V., Zhaimina V.Ya. (2022) Progress in the study of the Devonian-Carboniferous boundary sections in the Berchogur Depression (Mugodzhary Mountains, Western Kazakhstan). *Paläontologische Zeitschrift*, **96**, 415-447. <https://doi.org/10.1007/s12542-022-00611-z>
- Nikolaeva S.V., Mustapayeva S.N. (2018) The Devonian-Carboniferous boundary locality in Berchogur (Western Kazakhstan) revisited. *Subcommission on Devonian Stratigraphy, Newslett.*, **33**, 31-34.
- Paproth E., Feist R., Flajs G. (1991) Decision on the Devonian-Carboniferous boundary stratotype. *Episodes*, **14**(4), 331-336.
- Sandberg C.A., Dreesen R. (1984) Late Devonian icriodontid biofacies models and shallow-water conodont zonation. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper*, **196**, 143-178. <https://doi.org/10.1130/SPE196-p143>
- Sandberg Ch.A., Streel M., Scott R.A. (1972) Comparison between conodont zonation and spore assemblages at the Devonian–Carboniferous boundary in the western and central United States and in Europe. *Compte Rendu*, **1**, 179-203.
- Söte T., Hartenfels S., Becker R.T. (2017) Uppermost Famennian stratigraphy and facies development of the Reigern Quarry near Hachen (northern Rhenish Massif, Germany). *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **97**, 633-654.
- Spalletta C., Perri M.C., Over D.J., Corradini C. (2017) Famennian (Upper Devonian) conodont zonation: Revised global standard. *Bull. Geosci.*, **92**(1), 31-57.
- Ziegler W. (1962) Taxonomie und Phylogenie oberdevonischer Conodonten und ihre stratigraphische Bedeutung. *Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung*, **38**, 1-166.
- Ziegler W., Sandberg C.A. (1984) *Palmatolepis*-based revision of upper part of standard Late Devonian conodont zonation. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper*, **196**, 179-194.
- Ziegler W., Sandberg C.A. (1990) The late Devonian standard conodont zonation. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **121**, 1-115.

REFERENCES

- Alekseev A.S. (2023) Cirripedia tablets from terminal Famennian (Upper Devonian) Berchogur (Western Kazakhstan). *Paleostrat-2023. Annual meeting (scientific conference) of the paleontology section of the MOIP and the Moscow branch of the paleontological society at the Russian Academy of Sciences*. Moscow, Paleontologicheskii in-t im. A.A. Borisyaka RAN, 10-11. (In Russ.)
- Aretz M. (2021) Late Devonian extinctions. *Encyclopedia of Geology*. 2nd ed. (Ed. by D. Alderton, S.A. Elias). L.: Academic Press, 628-636. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12453-4>
- Aretz M., Corradini C. (2021) Global review of the Devonian-Carboniferous Boundary: an introduction. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **101**, 285-293. <https://doi.org/10.1007/s12549-021-00499-8>
- Aretz M., Corradini C. (2023) Moving forward with the redefinition of the Devonian/Carboniferous Boundary. *Strati 2023. 4th Int. Congress on Stratigraphy. Book of Abstracts*. Lille: Université de Lille, 246-247.
- Aretz M., Corradini C., Denayer J. (2021) The Devonian-Carboniferous Boundary around the globe: a complement. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **101**, 633-662. <https://doi.org/10.1007/s12549-021-00495-y>
- Artyushkova O.V., Maslov V.A., Pazukhin V.N., Kulagi-

- na E.I., Tagarieva R.C., Mizens L.I., Mizens A.G. (2011) Devonian and Lower Carboniferous type sections of the western South Urals. *Pre-Conference Field Excursion Guidebook. Int. Conf. Ufa, Virtual*, 92 p. (In Russ.)
- Balashova E.A. (1945) On the fauna and stratigraphy of the Carboniferous of Ber-Chogur. *Nauch. byul. Leningr. unta*, **3**, 22-28 (In Russ.)
- Barskov I.S., Kononova L.I., Byvsheva T.V., Alekseev A.S. (1988) Devonian–Carboniferous boundary in the Berchogur Section (Mugodzhary). *The Devonian-Carboniferous boundary in the territory of the USSR*. (Ed. by V.K. Golubtsov). Minsk, Nauka i Tekhnika Publ., 171-180. (In Russ.)
- Barskov I.S., Simakov K.V., Alekseev A.S., Bogoslovsky B.I., Byvsheva T.V., Gagiev M.H., Kononova L.I., Kochetkova N.M., Kuzina L.F., Reitlinger E.A. (1984) Devonian–Carboniferous transitional deposits of the Berchogur section, Mugodzhary, USSR. *Cour. Forschungsinstitut Senckenberg*, **67**, 207-230.
- Becker R.T., Hartenfels S., Kaiser S.I. (2021a) Review of Devonian-Carboniferous boundary sections in the Rhenish Slate Mountains (Germany). *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **101**, 357-420. <https://doi.org/10.1007/s12549-020-00469-6>
- Becker R.T., Kaiser S.I., Aretz M. (2021b) Review of chrono-, litho- and biostratigraphy across the global Hangenberg Crisis and Devonian–Carboniferous boundary. *Devonian climate, sea level and evolutionary events, Geological Society of London, Spec. Publ.*, **423**, 355-386. <https://doi.org/10.1144/SP423>
- Bogoslovsky B.I. (1988) Evolution and biochronology of ammonoids at the Devonian and Carboniferous boundary. *The Devonian-Carboniferous boundary in the territory of the USSR*. (Ed. by V.K. Golubtsov). Minsk, Nauka i Tekhnika Publ., 248-254. (In Russ.)
- Bushmina L.S., Kononova L.I. (1981) Microfauna and biostratigraphy of boundary of the Devonian and Carboniferous boundary deposits (south of Western Siberia). *Trudy IGiG SO RAN*, **459**, 1-123. (In Russ.)
- Clausen C.-D., Korn D. (2008) Höheres Mitteldevon und Oberdevon des nördlichen Rheinischen Schiefergebirges (mit Velberter Sattel und Kellerwald). *Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, **52**, 439-481.
- Clausen C.-D., Korn D., Feist R., Leuschner K., Gross-Uffenorde H., Luppold F.W., Stoppel D., Higgs K., Streel M. (1994) Die Devon/Karbon-Grenze bei Stocum (Rheinisches Schiefergebirge). *Geologie und Paläontologie in Westfalen*, **29**, 71-95.
- Corradini C. (2003) Late Devonian (Famennian) conodonts from the Corona Mizziu sections near Villasalto (Sardinia, Italy). *Palaeontographia Italica*, **98**, 65-116.
- Corradini C., Kaiser S.I., Perri M.C., Spalletta C. (2011) *Protognathodus* (Conodonta) and its potential as a tool for defining the Devonian/Carboniferous boundary. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, **117**(1), 15-28.
- Corradini C., Spalletta C., Mossoni A., Matyja H., Over D.J. (2017) Conodont across the Devonian/Carboniferous boundary: A review and implication for the redefinition of the boundary and a proposal for an updated conodont zonation. *Geol. Mag.*, **154**(4), 888-902. <https://doi.org/10.1017/S001675681600039X>
- Denayer J., Prestianni C., Mottequin B., Hance L., Poty E. (2021) The Devonian–Carboniferous boundary in Belgium and surrounding areas. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **101**, 313-356 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12549-020-00440-5>
- Fauna and biostratigraphy of the Devonian and Carboniferous boundary sediments of Berchogur (Mugodzhary) (1987) (Ed. by V.A. Maslov). Moscow, Nauka Publ., 121 p. (In Russ.)
- Gagiev M.Kh., Kononova L.I., Pazukhin V.N. (1987) Conodonts. *Fauna and biostratigraphy of the Devonian-Carboniferous boundary beds in Berchogur (Mugodzhary)* Moscow, Nauka Publ., 91-97. (In Russ.)
- Gatovsky Yu.A. (2015) Famennian–Tournaisian boundary on the western slope of the South Urals, Russia: new look. *Strata. Série I*, **16**. IGCP596–SDS Symposium, 51-52.
- Hartenfels S., Becker R.T., Herbig H.-G., Qie W., Kump T., Vleeschouwer D. de, Weyer D., Kalvoda J. (2022) The Devonian-Carboniferous transition at Borkewehr near Wocklum (northern Rhenish Massif, Germany) – a potential GSSP section. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **102**, 763-829. <https://doi.org/10.1007/s12549-022-00531-5>
- Hou H., Ma X., Zhou H., Ogg J.G., Shen Ya. (2022) The End-Devonian Hangenberg Event and its aftermath in South China: Stratigraphic and sedimentary records from shallow to deep water facies. *Earth Sci. Rev.*, **232**, 104137. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2022.104137>
- Kaiser S.I. (2009) The Devonian/Carboniferous stratotype section La Serre (Montagne Noire) revisited. *Newslett. Stratigraphy*, **43**, 195-205.
- Kaiser S., Aretz M., Becker R.T. (2021) The global Hangenberg Crisis (Devonian-Carboniferous transition): review of a first-order mass extinction. *Devonian climate, sea level and evolutionary events, Geological Society London, Spec. Publ.*, **423**, 387-437.
- Kaiser S., Kump T., Rasser M.W. (2019) High resolution conodont biostratigraphy in two key sections from the Carnic Alps (Grüne Schneid) and Graz Paleozoic (Troip) – implication for biozonation concept at the Devonian-Carboniferous boundary. *Newslett. Stratigraphy*, **53**(3), 249-274. <https://doi.org/10.1127/nos/0520>
- Kulagina E.I. (2013) Taxonomic diversity of foraminifers of the Devonian-Carboniferous boundary interval in the South Urals. *Bull. Geosci.*, **88**(2), 265-282.
- Kulagina E.I., Stepanova T.I., Zaytseva E.L., Gorozhanina E.N., Gibshman N.B., Ivanova R.M., Vevel Ya.A., Ponomareva G.Yu. Filimonova T.V. (2018) Atlas of Upper Devonian and Lower Carboniferous foraminifers and microfacies of Northern Eurasia. Famennian and Tournaisian [Electronic publication of network distribution]. Moscow, PIN RAN, 205 p. URL: <http://ig.ufaras.ru/publikatsii/monografii-i-stati/> (In Russ.)
- Kulagina E.I., Zaytseva E.L., Vevel Ya.A., Stepanova T.I., Gibshman N.B., Nikolaeva S.V., Kononova L.I., Plotitsyn A.N. (2021) The foraminiferal zonal scale of the Devonian–Carboniferous boundary beds in Russia and Western Kazakhstan and its correlation with ammonoid and conodont scales. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **101**(2), 561-588. <https://doi.org/10.1007/s12549-020-00439-y>
- Kusina L.F. (1985) On the revision of the genus *Imitoceras*. *Paleontol. zhurn.*, (3), 35-48. (In Russ.)
- Mustapayeva S.N., Zhaimina V.Ya., Kurilenko A.V. (2020) Description of sections of the boundary deposits of the Upper Devonian and Lower Carboniferous of the Mu-

- galzhar mountains (Aktobe region). Almaty, Satbayev university, 120 p. (In Russ.)
- Nikolaeva S.V., Mustapayeva S.N. (2018) The Devonian-Carboniferous boundary locality in Berchogur (Western Kazakhstan) revisited. *Subcommission on Devonian Stratigraphy, Newslett.*, **33**, 31-34.
- Nikolaeva S.V., Gatovsky Yu.A., Kulagina E.I., Zaytseva E.L. (2016) Devonian-Carboniferous boundary: new solutions for an old problem (meeting of International Working Group, Montpellier, September 20–22, 2016). *Bull. MOIP. Otd. geol.*, **91**(6), 66-74. (In Russ.)
- Nikolaeva S.V., Kulagina E.I., Mustapayeva S.N., Alekseev A.S., Gatovsky Yu.A. (2019) The Devonian-Carboniferous Boundary sections in the Berchogur Depression (Mugodzhary Mountains, Western Kazakhstan). *Kölner Forum Geol. Paläont.*, **23**. 19th Int. Congress on the Carboniferous and Permian. Abstracts, 242-243.
- Nikolaeva S.V., Kulagina E.I., Mustapayeva S.N., Alekseev A.S., Gatovsky Yu.A., Kononova L.I., Akhmetshina L.Z., Kurilenko A.V., Kashcheeva E.G. (2020) Devonian-Carboniferous Boundary Beds in Berchogur (Western Kazakhstan): History of studies, international significance, latest data. *Bull. MOIP. Otd. geol.*, **95**(2), 17-25. (In Russ.)
- Nikolaeva S.V., Kulagina E.I., Mustapayeva S.N., Alekseev A.S., Gatovsky Yu.A., Denayer J., Ohar V., Kurilenko A.V., Mychko E.V., Zhaimina V.Ya. (2022) Progress in the study of the Devonian-Carboniferous boundary sections in the Berchogur Depression (Mugodzhary Mountains, Western Kazakhstan). *Paläontologische Zeitschrift*, **96**, 415-447. <https://doi.org/10.1007/s12542-022-00611-z>
- Paproth E., Feist R., Flajs G. (1991) Decision on the Devonian-Carboniferous boundary stratotype. *Episodes*, **14**(4), 331-336.
- Pazukhin V.N., Kulagina E.I., Sedaeva K.M. (2009) Devonian-Carboniferous boundary on the western slope of the Southern Urals. *Type sections of the Russian Carboniferous and potential global stratotypes. South Ural session: Proc. Int. Field Meet.* Ufa, DesignPolygraph-Service, 22-33. (In Russ.)
- Reitlinger E.A. (1961) Some questions of the systematics of Quasiendothyra. *Voprosy mikropaleontologii*, **5**, 31-68. (In Russ.)
- Reitlinger E.A., Kulagina E.I. (1987) Foraminifera. *Fauna and biostratigraphy of the Devonian-Carboniferous boundary beds in Berchogur (Mugodzhary)* Moscow, Nauka Publ., 48-52, 68-75. (In Russ.)
- Rozman Kh. S. (1960) Stratigraphy of the Famennian and Lower Tournaisian deposits of Mugodzhary and adjacent regions of the Urals. *Izv. AN SSSR. Ser. geol.*, **12**, 42-51 (In Russ.)
- Sandberg C.A., Dreesen R. (1984) Late Devonian icriodontid biofacies models and shallow-water conodont zonation. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper*, **196**, 143-178. <https://doi.org/10.1130/SPE196-pl143>
- Sandberg Ch.A., Strel M., Scott R.A. (1972) Comparison between conodont zonation and spore assemblages at the Devonian-Carboniferous boundary in the western and central United States and in Europe. *Compte Rendu*, **1**, 179-203.
- Sedaeva K.M., Kuleshov V.N., Gorozhanina E.N., Gorozhanin V.M., Vinogradov V.M., Pazukhin V.N. (2008) Hangenberg global geological event and its reflection in lithology and isotope composition ($\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$) of the section of the Sikazy River (Bashkortostan, Yu. Ural). *Bio- and lithostratigraphic boundaries in the history of the Earth. Proc. Int. sci. conf.* Tyumen, TyuMGNGU, 250-255. (In Russ.)
- Sedaeva K.M., Ryabinkina N.N., Kuleshov V.N., Valyeva O.V. (2010) Reflection of the Hangenberg global geological event at the turn of the Devonian and Carboniferous in the sections of the western slope of the Subpolar (Kozhim River) and South Urals (Sikaza River). *Lithosphere (Russia)*, **6**, 25-37. (In Russ.)
- Söte T., Hartenfels S., Becker R.T. (2017) Uppermost Famennian stratigraphy and facies development of the Reigern Quarry near Hachen (northern Rhenish Massif, Germany). *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **97**, 633-654.
- Spalletta C., Perri M.C., Over D.J., Corradini C. (2017) Famennian (Upper Devonian) conodont zonation: Revised global standard. *Bull. Geosci.*, **92**(1), 31-57.
- Zhuravlev A.V., Sobolev D.B. (2019) Devonian-Carboniferous boundary in the east of the Pechora Plate (Kamenka River and Vangyr River sections). *Vestn. IG Komi NTS URO RAN*, **10**, 16-22. <https://doi.org/10.19110/2221-1381-2019-10-16-22>. (In Russ.)
- Ziegler W. (1962) Taxionomie und Phylogenie oberdevonischer Conodonten und ihre stratigraphische Bedeutung. *Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung*, **38**, 1-166.
- Ziegler W., Sandberg C.A. (1984) *Palmatolepis*-based revision of upper part of standard Late Devonian conodont zonation. *Geol. Soc. Amer., Spec. Paper*, **196**, 179-194.
- Ziegler W., Sandberg C.A. (1990) The late Devonian standard conodont zonation. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **121**, 1-115.