УДК 562/569.564.82/.85:551.735.1+15:56.017.4 DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-1-18-39

Влияние серпуховско-башкирского события на разнообразие брахиопод Среднего и Южного Урала

Н. А. Кучева

Институт геологии и геохимии УрО РАН, 620062, г. Екатеринбург, ул. Акад. Вонсовского, 15, e-mail: kucheva@igg.uran.ru

Поступила в редакцию 12.11.2018 г., принята к печати 16.05.2019 г.

Объект исследований. Рассматривается распространение брахиопод в пограничных отложениях нижнего и среднего карбона на территории Среднего и Южного Урала в целях определения степени влияния глобального серпуховско-башкирского события малого массового вымирания на динамику разнообразия этой группы бентосных организмов. *Материалы и методы.* Изучались брахиоподы из наиболее полных карбонатных разрезов Западно-Уральской (Бражка, Сокол, Мартьяново, Аскын, Лаклы), Магнитогорской (Худолаз, Калинино, Большой Кизил) и Восточно-Уральской (Бекленищево, Пещерный лог, Брод-Ключики и карьер "Уралнеруд-1") мегазон. *Результаты.* Установлено, что в позднесерпуховское время происходило сокращение разнообразия гигантопродуктусово-стриатиферовой ассоциации, а вблизи рубежа раннего и среднего карбона произошло вымирание ее доминирующих таксонов. В сюранское время башкирского века была сформирована средне- и позднекаменноугольная хориститовая ассоциация. Позднее, в акавасское время, разнообразие брахиопод было восстановлено. Последствия описываемого серпуховско-башкирского события отразились преимущественно на таксонах видового и родового ранга и в значительно меньшей степени – на таксонах семейственного ранга. На западном склоне Урала данное событие и максимум регрессии фиксируются в кровле стриатиферовых ракушняков староуткинского горизонта нижнего карбона. На восточном склоне Урала динамика разнообразия брахиопод, характеризующая рассматриваемый событийный интервал, отчетливо прослеживается в позднесерпуховское время раннего карбона. В начале среднего карбона она также проявлена, но затушевана активизацией региональных тектонических процессов. *Выводы.* В разнофациальных отложениях Среднего и Южного Урала по динамике родового и видового разнообразия брахиопод на рубеже раннего и среднего карбона распознается проявление серпуховско-башкирского события малого массового вымирания.

Ключевые слова: *Средний и Южный Урал, серпуховский ярус, башкирский ярус, брахиоподы, динамика разнообразия, серпуховско-башкирское событие малого массового вымирания*

Благодарность

Автор сердечно благодарит Владислава Иннокентиевича Полетаева за консультации по брахиоподам отряда Spiriferida и помощь при определении видовой принадлежности представителей рода *Alphachoristites*, а также глубоко признательна Гунару Андреевичу Мизенсу за консультации по осадочным бассейнам, существовавшим на территории Урала в каменноугольный период.

Работа выполнена в рамках темы № АААА-А18-118052590025-8 государственного задания ИГГ УрО РАН и комплексной программы фундаментальных исследований УрО РАН АААА-А18-118052590031-9.

Effect of the Mid-Carboniferous event on the diversity of brachiopods in the Middle and Southern Urals

Nadezhda A. Kucheva

A.N. Zavaritssky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS, 15 Akad. Vonsovsky st., Ekaterinburg 620016, Russia, e-mail: kucheva@igg.uran.ru

Received 12.11.2018, accepted 16.05.2019

Research subject. In this study, the distribution of brachiopods in the Mid-Carboniferous boundary (MCB) sediments in the Middle and Southern Urals was investigated with the aim of determining the influence of the global Serpukhovian-Bashkirian minor mass extinction event on the diversity of these benthic organisms. *Materials and methods.* Brachiopods distributed over the most complete carbonate sections of the West-Uralian (Brazhka, Sokol, Martyanovo, Askyn, Lakly), Magnitogorskian (Khudolaz, Kalinino, Bolshoy Kizil) and the East-Uralian (Beklenishchevo, Cave gully, Brod-

Для цитирования: Кучева Н.А. (2020) Влияние серпуховско-башкирского события на разнообразие брахиопод Среднего и Южного Урала. *Литосфера*, **20**(1), 18-39. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-1-18-39

For citation: Kucheva N.A. (2020) Effect of the Mid-Carboniferous event on the diversity of brachiopods in the Middle and Southern Urals. *Litosfera*, **20**(1), 18-39. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-1-18-39

© Н.А. Кучева, 2020

Klyuchiki, "Uralnerud-1" quarry) megazons were studies. *Results.* It was established that the diversity of the Gigantoproductus-Striatifera brachiopod association reduced during the Late Serpukhovian, with the extinction of its dominant taxa having occurred during the Early and Middle Carboniferous boundary. During the Syuranian time of the Bashkirian Age, the Middle-Late Carboniferous Choristites association was formed. Further, in the Akavassian time, the diversity of brachiopods was restored. The consequences of the described event affected mainly the taxa of the species and genus taxonomic rank, and, to a much lesser extent, those of the family rank. On the western slope of the Urals, the maximum regression was recorded at the top of the Striatifera shell-rock layer of the Lower Carboniferous Staroutkinskian regional substage. On the eastern slope of the Urals, the brachiopod diversity characterizing the event in question can be clearly seen in the Late Serpukhovian. This dynamics was also manifested in the lowermost Pennsylvanian; however, it was obscured by the activation of regional tectonic factors. *Conclusion.* In the Middle and Southern Urals, the Mid-Carboniferous minor mass extinction event is recognized according to the dynamics of the genus and species diversity of brachiopods in the deposits of different facies.

Keywords: *Middle and Southern Urals, Serpukhovian Stage, Bashkirian Stage, brachiopods, diversity dynamics Mid-Carboniferous (Serpukhovian-Bashkirian) minor mass extinction event*

Acknowledgements

The author expresses her sincere gratitude to Vladislav Innokentievich Poletaev for discussions of the Spiriferida brachiopod features and his help in determining the species of the *Alphachoristites* genus, as well as to Gunar Andreevich Mizens for his valuable consultations on the sedimentary basins that existed in the Urals during the Carboniferous period.

The work was carried out as part of the AAAA-A18-118052590025-8 state assignment of the IGG Ural Branch of the Russian Academy of Sciences and the comprehensive program of basic research of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences AAAA-A18-118052590031-9 (project 18-5-5-11).

ВВЕДЕНИЕ

Осадочные отложения каменноугольной системы широко распространены на территории земного шара и представлены крайне разнообразными комплексами. В большинстве регионов северного полушария упомянутая система включает в себя отложения двух седиментационных этапов. В течение первого, раннекаменноугольного, этапа (миссисипия) преобладали обстановки морского осадконакопления. Второй, средне-позднекаменноугольный, этап (пенсильваний) характеризовался широким распространением паралических, лагунных и континентальных фаций. В основании башкирского яруса среднего карбона (пенсильванской подсистемы) практически повсеместно фиксируются перерывы в осадконакоплении.

В южном полушарии в раннем карбоне морские бассейны занимали только небольшие окраинные участки Гондваны (Немков и др., 1986, с. 231-232). Во второй половине каменноугольного периода началось накопление мощных толщ континентальных отложений гондванской серии (средний карбон – нижний мел). Нижняя часть этой серии (средний–верхний карбон) в Южной Америке, Центральной и Южной Африке, Индии, Австралии и Антарктиде представлена почти повсеместно ледниковыми (тиллитами) и межледниковыми отложениями. В межтиллитовых образованиях присутствуют прослои пород с остатками холодолюбивой флоры и пласты угля. Формирование ледниковых покровов сопровождалось значительным понижением уровня Мирового океана, а таяние льдов вело к повышению уровня океана. В зависимости от масштаба оледенения эти гляциоэвстатические колебания в различной степени влияли на палеогеографические обстановки и климатические условия всей планеты. Считается, что гондванское оледенение имело несколько импульсов, при этом рубеж раннего-среднего карбона совпадает с кульминационной фазой позднепалеозойского оледенения (оледенение II), вызвавшей глобальное понижение уровня Мирового океана и ставшей причиной коренных преобразований палеогеографических обстановок, климата и органического мира планеты (рис. 1) (Эйнор, Румянцева, 1988; Grossman et al., 2002; Алексеев и др., 2008; Алексеев, Реймерс, 2010а, б).

Максимально низкий уровень Мирового океана обусловил перерывы в осадконакоплении среди шельфовых отложений на значительной территории земного шара. Морские обстановки сохранились лишь в отдельных регионах, в том числе в Уральском, но и в нем полные разрезы пограничного интервала единичны.

В начале раннего карбона на значительной части континентов северного и южного полушарий господствовали влажные тропические и субтропические условия, умеренный климат существовал только на территории современной Антарктиды (Короновский и др., 2008, с. 269). В среднем карбоне средняя глобальная температура Земли оказалась на 10–15°C ниже, чем в раннем. Даже в экваториальном поясе средние годовые температуры понизились на 3–5°C (Амон, 2005; Алексеев, Реймерс, 2010а, б).

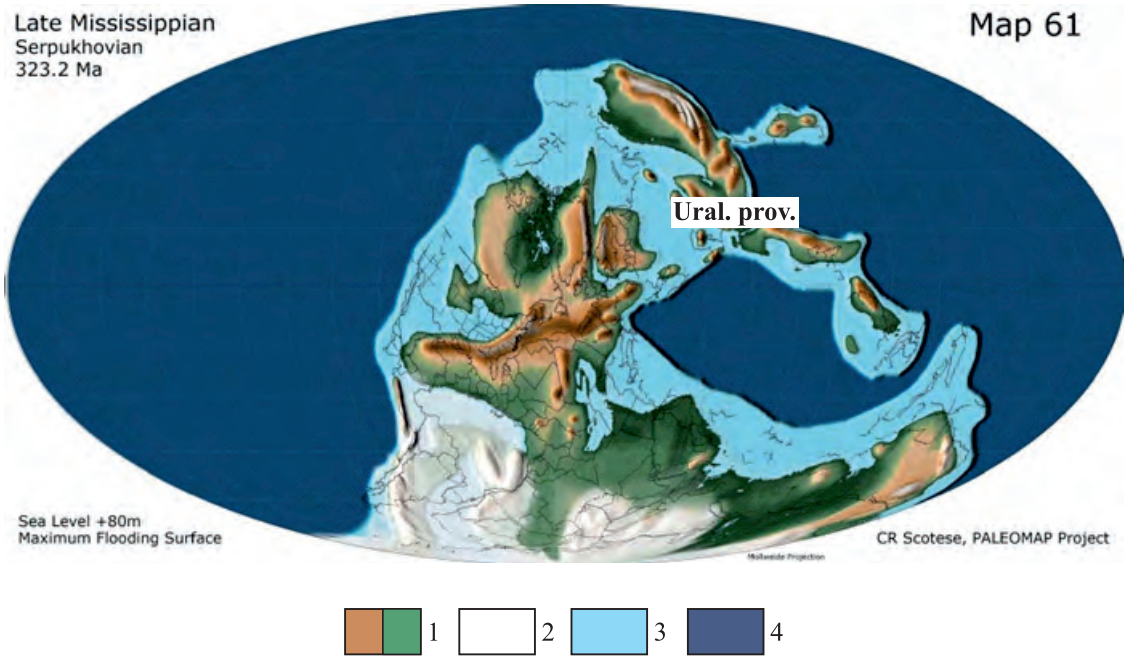

Рис. 1. Области распространения покровного оледенения на материках Земли на рубеже раннего и среднего карбона, по C.R. Scotese (2014).

1 – суша, 2 – оледенение, 3 – шельф, 4 – океан.

Fig. 1. Glaciation areas on the Earth's continents at the Mississippian-Pennsylvanian boundary, after C.R. Scotese (2014).

1 – land, 2 – glaciation cover, 3 – shelf, 4 – ocean.

Сокращение морских акваторий, изменение условий осадконакопления и похолодание климата привели к масштабному вымиранию в тропических биоценозах и стали причиной глубоких изменений в составе органического мира моря и суши (Эйнор, Румянцева, 1988; Grossman et al., 2002; Алексеев и др., 2008; Алексеев, Реймерс, 2010б). Данное биотическое событие (экологический кризис), получившее название "серпуховско-башкирское", сопровождалось сокращением разнообразия и вымиранием значительного числа групп морских беспозвоночных. В целом в позднесерпуховское время вымерло 83% родов кораллов, около 80% родов конодонтов, аммоноидей и брахиопод, 65% родов криноидей и 40–50% родов фораминифер (Алексеев, 2000, 2006; Коссовая, 2000, 2010; Кучева, 2015). По данным А.С. Алексеева, уровень вымирания родов в событийном интервале примерно в 2–3 раза превышает фоновый (35%), уровень вымирания семейств составляет около 10%. По степени вымирания на уровне родов и частично семейств кризис классифицируется как событие малого массового вымирания (Алексеев, 2000).

Влияние серпуховско-башкирского кризиса на биосферные процессы в различных областях земного шара характеризовалось определенными особенностями, изучение которых имеет важное значение как для восстановления истории развития конкретного региона, так и планеты в целом. Современные исследования пограничных отложений нижнего и среднего карбона направлены на обнаружение уровня проявления серпуховско-башкирского события в конкретных разрезах в целях его корреляции с глобальной событийной границей.

Основная задача данного исследования заключается в выявлении особенностей распространения и эволюции брахиопод в отложениях серпуховского яруса нижнего и нижнебашкирского подъяруса среднего карбона на территории Среднего и Южного Урала, определении степени влияния глобального события малого массового вымирания на изменения в этой группе бентосных организмов, а также в установлении биостратиграфических и литологических реперных уровней границы нижнего и среднего карбона. При выполнении исследования учтены данные о распространении ортостратиграфических групп – фауны фораминифер, аммоноидей и конодонтов, а также водорослей.

Определения брахиопод выполнены в соответствии с системой, принятой в "Treatise on Invertebrate Paleontology" (2000, 2002, 2006).

Материалом для данной статьи послужили коллекции брахиопод, собранные автором, а также коллекции И.М. Гарань и О.А. Щербакова. Они насчитывают более 1000 экземпляров и хранятся в лаборатории стратиграфии и палеонтологии ИГГ УрО РАН.

ИЗМЕНЕНИЯ РАЗНООБРАЗИЯ БРАХИОПОД КАК СЛЕДСТВИЕ ВЛИЯНИЯ СЕРПУХОВСКО-БАШКИРСКОГО СОБЫТИЯ

Пограничные отложения нижнего и среднего карбона на территории Среднего и Южного Урала наиболее полно распространены в Западно-Уральской структурно-фациальной мегазоне Западно-Уральского субрегиона, в Магнитогорской и Восточно-Уральской мегазонах Восточно-Уральского субрегиона (рис. 2). Серпуховско-башкирское событе планетарного масштаба отразилось на каждой из указанных мегазон.

Западно-Уральский субрегион

Западно-Уральская структурно-фациальная мегазона

В Западно-Уральской структурно-фациальной мегазоне отложения серпуховского яруса нижнего и башкирского яруса среднего карбона имеют широкое площадное распространение. Они представлены шельфовыми кораллово-брахиоподовыми и брахиоподовыми известняками, развитыми по восточной окраине Восточно-Европейской платформы. Влияние глобального серпуховско-башкирского события в этих породах установлено по кардинальным литолого-фациальным изменениям и эволюционным преобразованиям в обнаруженных в них сообществах бентосных организмов. В событийном интервале прослеживаются стратиграфические перерывы, которые фиксируются выпадением из разреза нижней части башкирского яруса разного объема (от сюранского до аскынбашского горизонта). Продолжительность перерывов и полнота разрезов находятся в прямой зависимости от структурно-тектонических особенностей территории (Щербаков и др., 1966; Щербакова, 1969).

В наиболее полных разрезах Западно-Уральской мегазоны (см. рис. 2) в пограничных отложениях нижнего и среднего карбона установлена выдержанная и практически однотипная последовательность изменения литологии и распространения органических остатков.

Разрез Бражка расположен на правом берегу р. Чусовой к северо-западу от пос. Староуткинск. Разрез является стратотипом бражкинского надгоризонта и староуткинского горизонта верхнесерпуховского подъяруса (Гарань, Шестакова, 1973; Постоялко, 1991; Стратиграфические схемы…, 1993; Щербакова, Щербаков, 2002).

В отложениях серпуховского яруса и нижнебашкирского подъяруса этого разреза установлена определенная динамика разнообразия брахиопод (Кучева, 2015). В комплексе **косогорского горизонта** нижнесерпуховского подъяруса доминируют роды *Latiproductus* и *Striatifera,* по количеству особей – вид *Striatifera striata* (Fisch.). Изредка отмечается присутствие представителей родов *Datangia* и *Gigantoproductus*, а также *Echinoconchus punctatus* (Sow.), *Dictyoclostus pinguis* (M.-W.), *Eomarginifera schartimiensis* (Jan.), *Davidsonina* cf. *carbonaria* (McCoy). В ассоциации со стриатиферами встречаются многочисленные мелкие формы родов *Actinoconchus* и *Martinia.* В целом сообщество брахиопод косогорского горизонта включает 16 видов, принадлежащих 14 родам (рис. 3). В комплексе **протвинского горизонта верхнесерпуховского подъяруса** доминирует род *Striatifera,* в составе которого по количеству особей преобладает *Striatifera striata*, часто набдюдаются *S. plicatostriata* (Milor.) и *S. magna* (Jan.). Вместе со стриатиферами встречаются многочисленные мелкие формы родов *Actinoconchus* и *Martinia.* Редкие экземпляры гигантоидных продуктид представлены родами *Latiproductus*, *Datangia* и *Gigantoproductus*. Вверх по разрезу протвинского горизонта происходит снижение разнообразия брахиопод до 11 видов и 7 родов. В **староуткинском горизонте** распространены стриатиферовые ракушняки, сложенные *Striatifera striata* и *S. grandicula* Kalash. с единичными *Productus concinnus* J. Sow. и мелкими Rugosochonetidae. В целом в верхней части серпуховского яруса разнообразие брахиопод уменьшилось до 4 видов, принадлежащих 3 родам.

Нижняя часть богдановского горизонта башкирского яруса среднего карбона представлена пачкой мелкодетритовых и тонкозернистых известняков мощностью 11.4 м. В них макромерные органические остатки отсутствуют. Возраст отложений установлен по фораминиферам: в 0.1 м выше кровли стриатиферовых ракушняков обнаружены *Plectostaffella varvariensis* (Brazhn. et Pot.), в 0.5 м выше – *Plectostaffella jakhaensis* Reitl. и *Pl. karsaklensis* Kul., в 6 м – *Pl. bogdanovkensis* Reitl. (Степанова, 2014, 2018).

Брахиоподы появляются в **верхней части богдановского горизонта** и представлены единичными мелкими формами среднекаменноугольных родов *Neochonetes, Linoproductus* и *Alphachoristites,* а также *Productus concinnus, Schizophoria* sp. indet., *Orthotetes* sp. indet. (6 таксонов). В комплексе **каменногорского горизонта** присутствует большая часть родов и видов среднекаменноугольной ассоциации, типичной для Урала: *Linoproductus postovatus* Semich., *Alphachoristites pseudobisulcatus* (Rot.), *Reticulatia tekesensis* Galit., *Tornquistia malinovkensis* (E. Sem.), *Kozlowskia confina* (Ein.), *Orthotetes radiata* Fisch., *Phricodothyris asiatica* (Chao) и др. (10 видов, 10 родов). Комплекс брахиопод **акавасского горизонта** характеризуется еще более разнообразным систематическим составом (16 видов, принадлежащих 15 родам), а также многочисленностью особей. На этом стратиграфическом

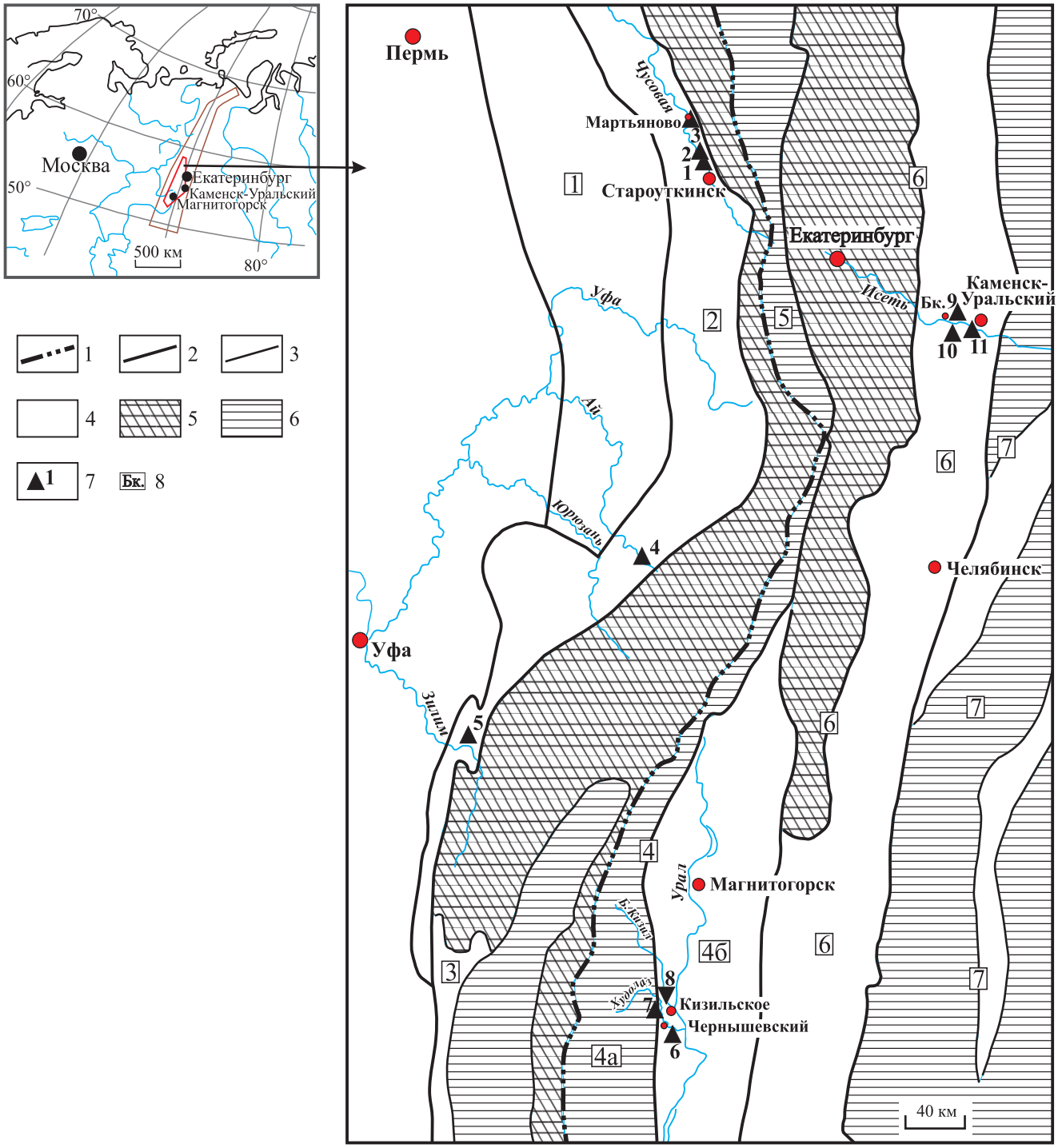

Рис. 2. Местоположение изученных разрезов пограничных отложений нижнего и среднего карбона на Стратиграфической схеме структурно-фациального районирования Урала для раннекаменноугольной эпохи (1993) с изменениями, по (Легенда…, 2009).

Структурно-фациальные подразделения. Мегазоны Западно-Уральского субрегиона (цифры в квадратах): 1 – Предуральская, 2 – Западно-Уральская, 3 – Центрально-Уральская. Мегазоны Восточно-Уральского субрегиона: 4 – Магнитогорская (4а – Западно-Магнитогорская зона, 4б – Восточно-Магнитогорская зона), 5 – Тагильская, 6 – Восточно-Уральская, 7 – Зауральская. Границы: 1 – субрегионов (по Главному Уральскому разлому), 2 – мегазон, 3 – зон. Площади распространения отложений: 4 – каменноугольных, 5 – допалеозойских, 6 – палеозойских докаменноугольных. 7 – разрезы (черные треугольники): 1 – Бражка, 2 – Сокол, 3 – Мартьяново, 4 – Лаклы, 5 – Аскын, 6 – Худолаз, 7 – Калинино, 8 – Большой Кизил, 9 – Бекленищево, 10 – Пещерный лог, 11 – Брод-Ключики, карьеры “Уралнеруд-1, 2”. 8 – д. Бекленищева.

Fig. 2. The location of the studied sections of the Lower and Middle Carboniferous boundary sediments on the structural-facial zoning (Stratigrafic cheme of the Urals for the Early Carboniferous Epoch (1993) with changes, according to (Legenda…, 2009).

Structural-facial units. West-Uralian subregion megazones (figures in squares): 1 – Pre-Uralian, 2 – West-Uralian, 3 – Central-Uralian. East-Uralian subregion megazones: 4 – Magnitogorsk (4а – West- Magnitogorsk zone, 4б – East- Magnitogorsk zone), 5 – Tagil, 6 – East-Uralian, 7 – Trans-Uralian. Borders: 1 – subregion boundaries (Main Uralian Fault), 2 – megazone boundaries, 3 – zone boundaries. Sedimentary rock areas: 4 – Carboniferous, 5 – Precambrian, 6 – Paleozoic Precarboniferous. 7 – sections (black triangles): 1 – Brazhka, 2 – Sokol, 3 – Martyanovo, 4 – Lakly, 5 – Askyn, 6 – Khudolaz, 7 – Kalinino, 8 – Bolshoy Kizil, 9 – Beklenishchevo, 10 – Cave gully, 11 – Brod-Klyuchiki, “Uralnerud quarries-1, 2”. 8 – Beklenishcheva-village.

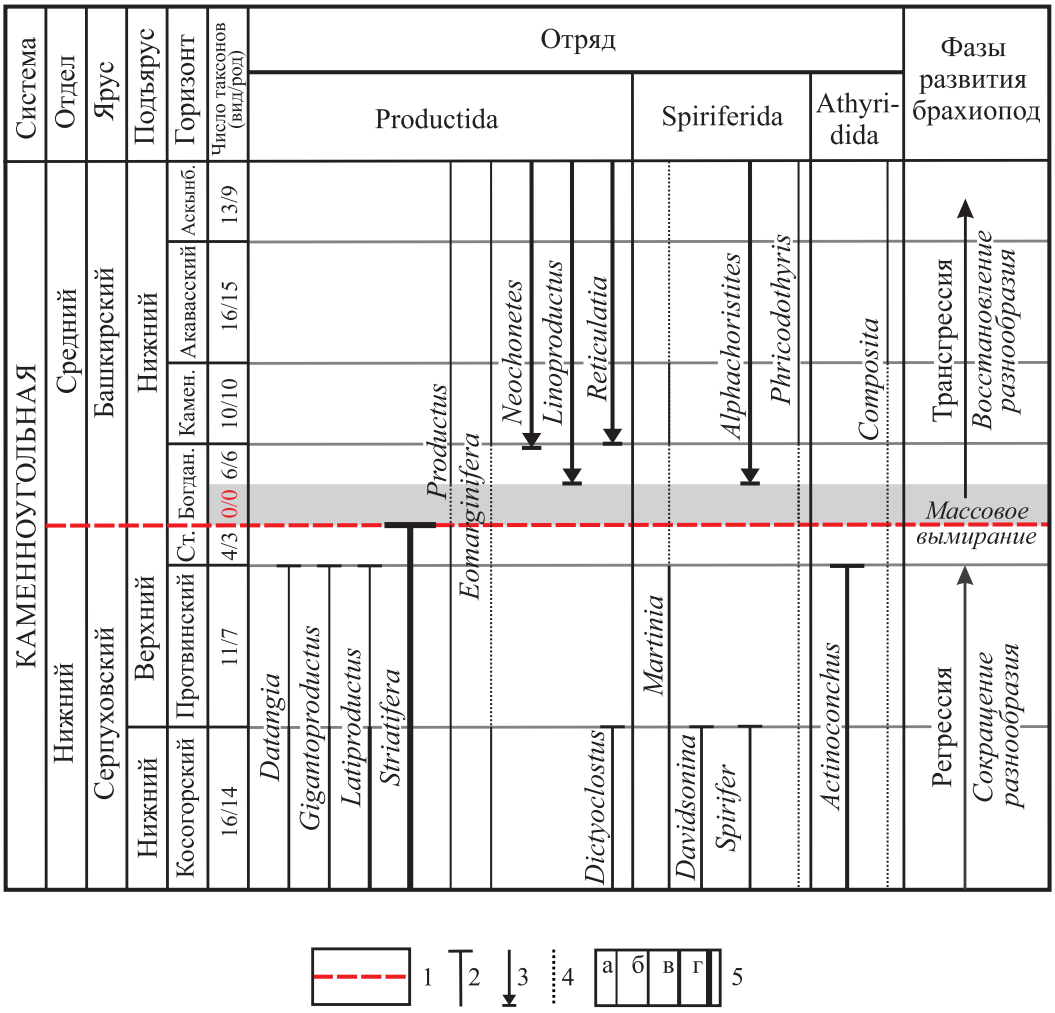

Рис. 3. Отражение влияния серпуховско-башкирского события на систематический состав и разнообразие брахиопод в разрезе Бражка.

1 – серпуховско-башкирский событийный уровень; 2 – уровень вымирания раннекаменноугольных родов; 3 – уровень появления среднекаменноугольных родов; 4 – интервал возможного присутствия рода; 5 – встречаемость брахиопод: а – эпизодическая, б – редкая, в – частая, г – прослои ракушняков. Горизонты: Ст. – староуткинский, Богдан. – богдановский, Камен. – каменногорский, Аскынб. – аскынбашский.

Fig. 3. Influence of the Mid-Carboniferous event on the systematic composition and brachiopod diversity in the Brazhka section.

1 – Serpukhovian-Bashkirian event level; 2 – level of the Early Carboniferous genera extinction; 3 – level of the Middle Carboniferous genera appearance; 4 – interval of possible existence of the genus; 5 – brachiopod occurrence: a – episodic, б – rare, в – frequent, г – shell-rock layers. Regional substages: Ст. – Staroutkinskian, Богдан. – Bogdanovkian, Камен. – Kamennogorskian, Аскынб. – Askynbashian.

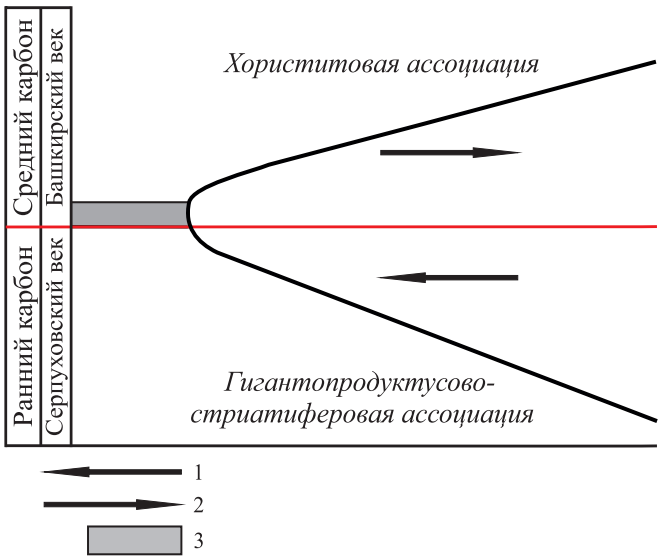

Рис. 4. Динамика разнообразия брахиопод на рубеже раннего и среднего карбона в разрезах западного склона Урала.

1 – уменьшение количества родов и видов брахиопод, 2 – увеличение количества родов и видов брахиопод, 3 – интервал распространения транзитных родов *Productus* и *Eomarginifera* и отсутствия руководящих форм.

Fig. 4. Dynamics of the brachiopod diversity at the Mid-Carboniferous boundary in sections of the Urals western slope.

1 – a decrease in the number of brachiopod genera and species, 2 – an increase in the number of brachiopod genera and species, 3 – interval of the transit genera *Productus* and *Eomarginifera* expansion and the absence of index fossils.

уровне появляются руководящие для башкирского яруса виды *Alphachoristites bisulcatiformis* (Semich.) и *Neochonetes carboniferus* (Keys.). В нижней части **аскынбашского горизонта** установлено 9 родов, включающих 13 видов. Обновление этого комплекса происходит за счет увеличения числа видов в составе родов *Linoproductus*, *Reticulatia* и *Alphachoristites.* Вследствие исчезновения эпизодически встречающихся таксонов несколько сокращается суммарное количество родов и видов, однако по количеству особей это сообщество является наиболее многочисленным.

Таким образом, в разрезе Бражка в позднесерпуховское время раннего карбона происходило постепенное сокращение разнообразия и вымирание доминирующих поздневизейско-серпуховских родов *Gigantoproductus, Datangia, Latiproductus*, *Striatifera*. В сюранское (богдановское и каменногорское) время башкирского века появились среднекаменноугольные роды-доминанты *Linoproductus, Alphachoristites, Neochonetes, Reticulatia*. В акавасское время осуществлялось интенсивное увеличение числа таксонов и восстановление разнообразия брахиопод до максимума косогорского времени (см. рис. 3). Практически полное вымирание в позднесерпуховское время гигантопродуктусово-стриатиферовой ассоциации, кардинальное обновление родового состава и формирование в раннебашкирское время новой хориститовой ассоциации отражают изменение эволюционного направления в развитии брахиопод (рис. 4).

В целом на рубеже раннего и среднего карбона вымерло около 80% родов и около 30% семейств, что можно считать следствием проявления экологического кризиса, соответствующего малому массовому вымиранию (Алексеев, 2006). Характерно, что на этом рубеже вымерли узкоспециализированные доминирующие роды, а пережили кризис наиболее эврибионтные: *Productus, Eomarginifera, Phricodothyris* и *Composita*.

Динамика разнообразия брахиопод, установленная на рубеже раннего и среднего карбона в разрезе Бражка, также прослеживается в разрезах Сокол и Мартьяново (Средний Урал) и в Горной Башкирии – стратотипической местности башкирского яруса (Синицына, 1975; Синицына и др., 1995; 2002; Кучева и др., 2002; Чувашов и др., 2002а; Кучева, Степанова, 2010; Кучева, 2011).

Разрез Аскын, являющийся гипостратотипом башкирского яруса, расположен в Горной Башкирии, на правом берегу р. Аскын вблизи д. Солонцы (Кулагина и др., 2001). Рассматриваемый пограничный интервал нижнего и среднего карбона наряду с фораминиферами и брахиоподами охарактеризован конодонтами (Немировская, Алексеев, 1993; Синицына и др., 1995). Здесь на стриатиферовых ракушняках кровли серпуховского яруса (слой 4) с размывом залегают тонкозернистые, участками оолитовые известняки с фораминиферами зоны Plectostaffella bogdanovkensis, включая вид-индекс, и с редкими конодонтами *Declinognathodus inaequalis* (Higg.), *Rhachistognatus minutus* (Higg. et Bouck.) зоны Declinognathodus noduliferus. На размыв осадков в кровле стриатиферовых ракушняков указывают срезанные раковины брахиопод, а также выпадение из разреза низов сюранского подъяруса – фораминиферовой зоны Plectostaffella varvariensis и конодонтовой подзоны Early Declinognathodus noduliferus (Пазухин и др., 2012). Типичный раннебашкиркирский комплекс брахиопод – *Linoproductus postovatus, Productus bassensis* Semich., *Alphachoristites bisulcatiformis*, *Orthotetes regularis* (Waag.), *Composita ambiqua* (Sow.) и *Dielasma attenuatum* (Mart.) – появляется только в 14 м выше кровли стриатиферовых ракушняков (в подошве слоя 8). Следует отметить, что одновременно с брахиоподами появляется зональный вид конодонтов *Declinognathodus noduliferus* (Ell. et Grav.) (Синицына, 1975; Синицына и др., 1995).

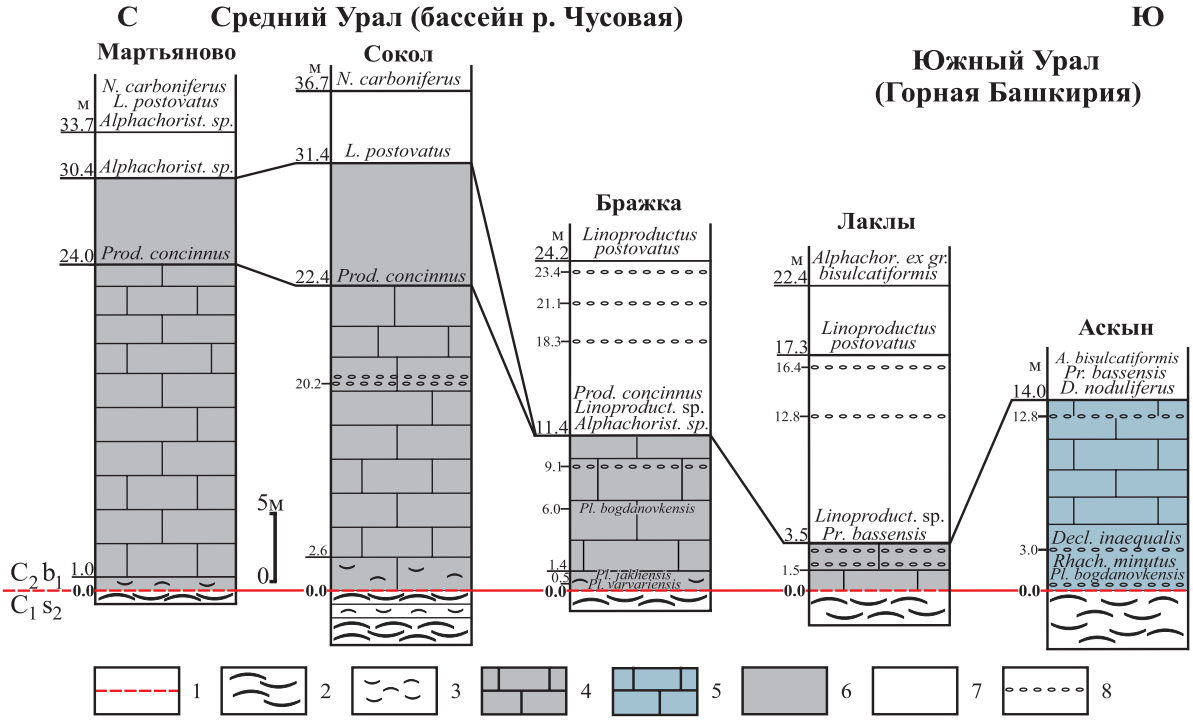

Рис. 5. Региональная корреляция серпуховско-башкирского событийного уровня и последовательность реперных уровней распределения брахиопод в нижней части башкирского яруса (выше последнего прослоя стриатиферовых ракушняков) на западном склоне Среднего и Южного Урала.

1 – серпуховско-башкирский событийный уровень, 2 – стриатиферовые ракушняки кровли нижнего карбона, 3 – мелкодетритовые известняки подошвы среднего карбона, 4 – интервал отсутствия видимых органических остатков, 5 – интервал отсутствия видимых органических остатков и распространения конодонтов зоны Declinognathodus noduliferus, 6 – интервал между первым появлением брахиопод и появлением среднекаменноугольных родов, 7 – интервал распространения среднекаменноугольных брахиопод, 8 – оолитовые известняки. Слева от колонок в метрах по мощности разреза выше событийного уровня указаны реперные уровни появления фауны и оолитовых известняков.

Fig. 5. The regional correlation of the Mid-Carboniferous event level and the sequence of brachiopod distribution reference levels at the lower part of the Bashkirian Stage (higher than the last *Striatifera* shell-rock layer) on the western slope of the Middle and Southern Urals.

1 – the Mid-Carboniferous event level, 2 – Striatifera shell-rock layer at the top of the Lower Carboniferous, 3 – fine-bioclastic limestones at the base of the Middle Carboniferous, 4 – interval without visible fossils, 5 – interval without visible fossils, conodonts of the Declinognathodus noduliferus zone observed, 6 – interval between the first occurrence of brachiopods and appearance of the Middle Carboniferous genera, 7 – interval of the Middle Carboniferous brachiopods presence, 8 – oolitic limestones. The reference levels of the fauna and oolitic limestones appearance marked above the event level (in meters) to the left of the columns.

В этом разрезе палеонтологические данные согласуются с результатами изотопного анализа: вблизи границы нижнего и среднего карбона обнаруживаются положительные экскурсы величин $\delta^{13}C$ и $\delta^{18}O$. Специалистами-литологами подобные вариации на данном уровне интерпретируются как понижение температуры бассейна, происходившее одновременно с существенной регрессией моря (Grossman et al., 2002; Коссовая, 2010).

В целом в шельфовых фациях пограничных отложений нижнего и среднего карбона Западно-Уральской мегазоны обнаружены брахиоподы 7 отрядов, однако разнообразие группы определяют представители только 3 отрядов: Productida, Spiriferida и Athyridida. Представители отряда Orthotetida единичны, таксоны отрядов Lingulida, Orthida и Terebratulida встречаются эпизодически. В серпуховском ярусе преобладают представители отряда Productida – разнообразные по составу и многочисленные гигантоидные продуктиды и стриатиферы. Менее разнообразны (1–2 рода), но обильны по числу форм мелкие гладкие спириферидиды и атиридиды. В комплексах башкирского яруса доминируют представители отрядов Productida (роды *Neochonetes, Linoproductus, Reticulatia*) и Spiriferida (род *Alphachoristites*).

В изученных разрезах западного склона Среднего Урала и Горной Башкирии кровля последнего прослоя стриатиферовых ракушняков и подошва известняков с первыми среднекаменноугольными брахиоподами разделены пачкой преимущественно тонкозернистых разностей без макромерных органических остатков. Мощность этой пачки варьирует в значительных пределах. В северных разрезах Мартьяново и Сокол она достигает 24.0 и 22.4 м, а в южном разрезе Аскын – 14.0 м. Минимальная мощность пачки установлена в разрезе Лаклы и составляет 3.5 м (рис. 5).

На Среднем Урале непосредственно на кровле стриатиферовых ракушняков залегают мелкодетритовые известняки мощностью от 1.0 до 2.6 м. На Южном Урале эти известняки отсутствуют: в разрезе Лаклы подошва среднего карбона представлена тонкозернистыми, а в разрезе Аскын – тонкозернистыми и оолитовыми разностями.

Практически во всех разрезах, за исключением Мартьяново, на разных уровнях низов башкирского яруса отмечаются маломощные (0.3–1.0 м) прослои оолитовых известняков. Какой-либо закономерности в их распределении не установлено. Вероятнее всего, появление оолитовых известняков обусловлено глубиной и локальными особенностями гидрологического режима разных частей бассейна. Впервые присутствие в подошве башкирского яруса пачки известняков без макромерных организмов с прослоями оолитовых известняков было установлено и прослежено О.Л. Эйнором (1955, 1958). Он отмечал, что эта пачка имеет невыдержанную мощность и региональное распространение в бассейне р. Чусовой и в Горной Башкирии, что подтверждается и нашими исследованиями.

Особой закономерности в появлении среднекаменноугольных брахиопод выше кровли стриатиферовых ракушняков не установлено. В разрезах Мартьяново и Сокол сначала появляется проходящий из нижнего карбона вид *Productus concinnus* (см. рис. 5). Среднекаменноугольные роды – *Alphachoristites* в разрезе Мартьяново и *Linoproductus* в разрезе Сокол – появляются на 6 и 9 м выше. В разрезе Бражка первые редкие мелкие формы среднекаменноугольных родов *Linoproductus* sp. и *Alphachoristites* sp. найдены в 11.4 м выше кровли стриатиферовых ракушняков вместе с частыми *Productus concinnus*. В разрезе Лаклы одновременно появляются *Productus bassensis* и *Linoproductus* sp. Формы с типичными признаками вида *Linoproductus postovatus* встречаются через 13.8 м, а вид *Alphachoristites* ex gr. *bisulcatiformis* обнаружен еще на 5 м выше. В разрезе Аскын интервал от кровли стриатиферовых ракушняков до подошвы слоя с первыми брахиоподами среднего карбона составляет 14.0 м (Синицына, 1975; Синицына и др., 1995).

Таким образом, в наиболее полных разрезах западного склона Среднего и Южного Урала на рубеже нижнего и среднего карбона зафиксирован уровень резких фаунистических и фациальных изменений. Он соответствует кровле последнего прослоя стриатиферовых ракушняков. Среди брахиопод на этом уровне произошло вымирание доминирующих родов гигантопродуктусово-стриатиферовой ассоциации. Литологические изменения на этом рубеже характеризуются резкой сменой кораллово-брахиоподовых известняков тонкозернистыми и мелкодетритовыми разновидностями с прослоями оолитовых известняков без макромерных организмов. К кровле стриатиферовых ракушняков приурочен стратиграфический перерыв, который выражен их неровной поверхностью и подчеркивается срезанными раковинами стриатифер. Перерыв, вероятнее всего, был непродолжительным. В разрезе Бражка он фиксируется только по литологическим признакам, в разрезе Аскын перерыв отмечен выпадением фораминиферовой зоны Plectostaffella varvariensis и конодонтовой подзоны Early Declinognathodus noduliferus (нижняя часть богдановского горизонта). Этот стратиграфический уровень, вероятнее всего, соответствует максимальной фазе гондванского оледенения и глобальной регрессии, а кровля стриатиферовых ракушняков является биостратиграфическим и литологическим маркером границы нижнего и среднего карбона. Появление мелко- и тонкозернистых, а также оолитовых известняков свидетельствует о начале трансгрессии и среднекаменноугольного этапа осадконакопления.

Восточно-Уральский субрегион

На восточном склоне Урала пограничные отложения нижнего и среднего карбона так же, как и на западном, имеют широкое площадное распространение. На этой территории верхнее визе, серпуховский ярус и нижняя часть башкирского яруса представлены разнообразными шельфовыми отложениями Восточно-Уральской изолированной карбонатной платформы (Чувашов, 2000; Горожанина, 2010), содержащими на разных уровнях биогермные образования (Лутфуллин, 1974). Здесь так же, как и западном склоне Урала, вблизи рубежа раннего-среднего карбона установлена биотическая перестройка и размывы различной амплитуды. Стратиграфическая граница нижнего и среднего карбона зафиксирована в разрезах Худолаз и Большой Кизил (Кулагина и др., 2001, 2002; Степанова, Кучева, 2006, 2009; Kulagina et al., 2009; Сапурин, Степанова, 2016).

Магнитогорская структурно-фациальная мегазона
Восточно-Магнитогорская структурно-фациальная зона

На Южном Урале пограничные отложения нижнего и среднего карбона, представленные мелководными фациями карбонатного шельфа, изучены в разрезе Худолаз, биогермные – в разрезе Калинино. Оба разреза находятся в бассейне р. Худолаз, правого притока р. Урал, к югу–юго-западу от с. Кизильское (см. рис. 2).

Разрез Худолаз находится на левом берегу р. Худолаз ниже пос. Чернышевский и выше моста на тракте Кизильское–Богдановское. Он является парастратотипом аверинского и богдановичского горизонтов верхневизейского подъяруса и

стратотипом сунтурского, худолазовского и чернышевского горизонтов серпуховского яруса Восточно-Уральского субрегиона (Стратиграфические схемы…, 1993). Разрез вскрывает непрерывную последовательность нормально-морских мелководных отложений верхнего визе и серпуховского яруса с многочисленными и разнообразными органическими остатками. Визейский ярус и нижняя часть серпуховского яруса представлены преимущественно кораллово-брахиоподовыми и криноидными известняками, в верхней части серпуховского яруса распространены криноидно-водорослевые, фораминиферово-водорослевые и водорослевые известняки. Вверх по разрезу количество водорослей увеличивается, а разнообразие других групп бентосных организмов сокращается (рис. 6) (Степанова, Кучева, 2006, 2009; Сапурин, Степанова, 2016.)

Максимальное разнообразие брахиопод установлено на уровне **богдановичского горизонта** верхнего визе – 19 видов, принадлежащих 16 родам.

В известняках **сунтурского горизонта** нижнесерпуховского подъяруса наиболее многочисленны *Striatifera striata* и *S. angusta* (Jan.), образующие послойные скопления в ассоциации с *Lochengia*? sp. и *Actinoconchus adepressiorus* (Ein.). Значительно реже, чем в богдановичском горизонте, встречаются гигантоидные продуктиды *Gigantoproductus* sp. и *Latiproductus* sp. В целом сунтурский комплекс представлен 13 видами и 11 родами.

В нижней части **худолазовского горизонта** (слои 40–41; см. рис. 6) брахиоподы образуют банковые скопления из многочисленных раковин *Striatifera striata*, *Gigantoproductus* sp. indet., *Latiproductus latissimus* (Sow.) и редких *L.* cf. *irregularis* (Jan.), *Lochengia*? sp., *Leiothycridina expansa* (Phill.), *Martinia minima* (Jan.), *Dielasma* sp. Достаточно часто встречаются также разрозненные раковины крупных толстостворчатых *Gigantoproductus* sp. и *Latiproductus* sp. Верхняя часть худолазовского горизонта (слои 42–48) сложена тонкозернистыми известняками без макромерных органических остатков и единичными прослоями органогенных известняков. Породообразующим компонентом тонкозернистых известняков являются разнообразные, преимущественно зеленые, водоросли (Степанова, Кучева, 2006). Органогенные известняки сложены скоплениями брахиопод *Striatifera striata* в ассоциации с редкими *Latiproductus* cf. *edelburgensis* (Phill.) и *Latiproductus* sp. В целом в комплексе худолазовского горизонта происходит дальнейшее обеднение таксономического состава до 10 видов и 7 родов.

В преимущественно водорослевых известняках **чернышевского горизонта** вверх по разрезу происходит сокращение разнообразия брахиопод и смена доминирующих видов. В нижней части горизонта (слой 50) встречаются единичные прослои брахиоподовых ракушняков со *Striatifera striata*, *Latiproductus* cf. *irregularis*, *Lochengia*? sp., *Actinoconchus* sp. Выше по разрезу (слои 51–52) довольно часто присутствуют разрозненные раковины *Striatifera striata, Gigantoproductus* sp. и *Actinoconchus adepressiorus*. Крайне редко эти брахиоподы образуют мелкие гнезда. В интервале слоев 53 и 54 отмечаются гнездообразные и реже послойные скопления раковин *Martinia glabra* (Sow.) в ассоциации с редкими *Striatifera* sp., *Gigantoproductus* sp., *Lochengia*? sp. В слое 55 доминирует *Actinoconchus adepressiorus*. Раковины этого вида достаточно равномерно распределены по всему объему породы, а также образуют маломощные прослои совместно с многочисленными *Striatifera striata*, более редкими *S. grandicula* и единичными *Latiproductus* sp. В кровле этого слоя наблюдается скопление раковин Orthotetinae мощностью около 5 см. В целом отложения большей части чернышевского горизонта (слои 49–55) охарактеризованы 10 видами и 8 родами брахиопод.

В фасциелловых известняках верхней части чернышевского горизонта (слои 56–57) отмечаются редкие *Striatifera* sp., *S. striata* и *Latiproductus* sp. indet. В этом интервале появляются конодонты *Lochriea nodosa* (Bisch.), *L.* cf. *mononodosa* (Rh., Aust. et Dr.), *L. commutata* (Bran. et Mehl), *Gnathodus bilineatus bilineatus* (Roundy), *Gnathodus bilineatus bollandensis* Higg. et Bouck. (здесь и ниже определения Е.А. Таштимировой и В.В. Черных) (см. рис. 6). В кровле слоя 57, вблизи границы нижнего и среднего карбона, встречаются единичные брахиоподы *Datangia* sp., а также конодонты *Gnathodus bilineatus bollandensis, Lochriea commutata* (Bran. et Mehl), *Declinognathodus*? sp.

Нижняя часть башкирского яруса сложена фасциелловыми известняками, которые не содержат макромерных организмов. Граница нижнего и среднего карбона установлена по появлению среднекаменноугольного комплекса фораминифер с *Plectostaffella* ex gr. *varvariensis* и конодонтов зоны Declinognathodus noduliferus: в слое 58 обнаружены *Gnathodus bilineatus bollandensis*, *Declinognathodus inaequalis*, в слое 59 – *Declinognathodus noduliferus*, *D.* cf. *lateralis* (Higg. et Bouck.), *Idiognathoides sinuatus* Har. et Holl. (Степанова, Кучева, 2006, 2009). Таким образом, в разрезе Худолаз граница нижнего и среднего карбона установлена внутри однородной пачки фасциелловых известняков по смене нижнекаменноугольных фораминифер и конодонтов на среднекаменноугольные.

По особенностям динамики разнообразия брахиопод в серпуховском ярусе разреза Худолаз так же, как и на западном склоне, прослеживается тренд, характеризующий серпуховско-башкирское событие малого массового вымирания: в чернышевском горизонте отчетливо выражено сокращение гигантопродуктусово-стриатиферовой ассоциации до полного ее исчезновения на границе нижнего и средне-

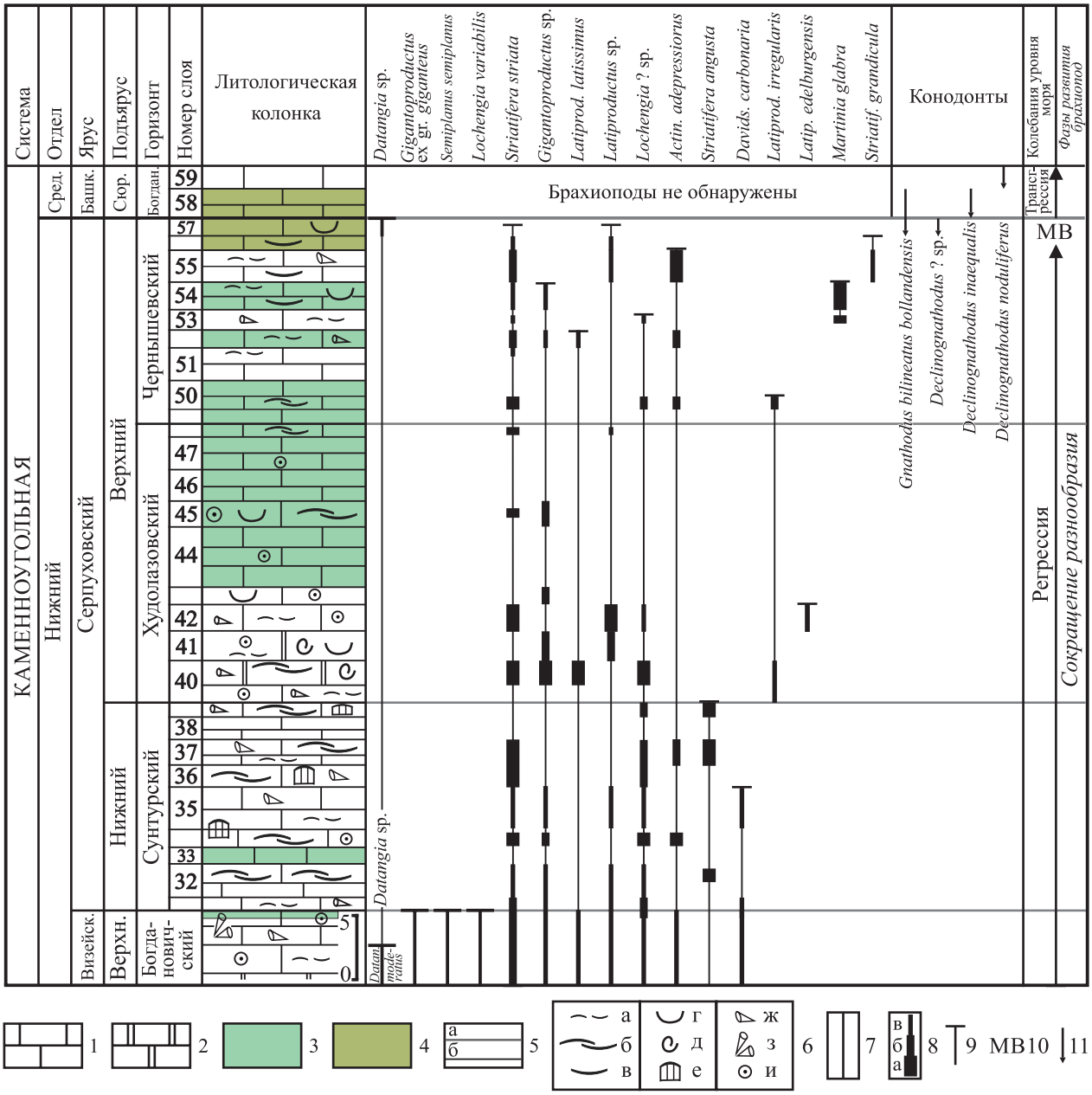

Рис. 6. Проявление серпуховско-башкирского события малого массового вымирания в разрезе Худолаз на примере брахиопод.

1 – известняки, 2 – доломиты, 3 – известняки водорослевые, 4 – известняки фасциелловые; 5 – границы: а – стратиграфических подразделений, б – слоев; 6 – органические остатки: а – брахиоподы разнообразного систематического состава, б – скопления стриатифер, в – разрозненные раковины стриатифер, г – род *Gigantoproductus*, д – род *Latiproductus,* е – хететиды, ж – одиночные кораллы Rugosa, з – колониальные кораллы Rugosa, и – криноидеи; 7 – интервал возможного обнаружения брахиопод; 8 – встречаемость брахиопод: а – скоплениями, б – частая, в – редкая; 9 – уровень исчезновения таксонов; 10 – МВ – уровень вымирания брахиопод раннекаменноугольной ассоциации; 11 – уровень появления конодонтов. Сюр. – сюранский подъярус, Богдан. – богдановский горизонт.

Fig. 6. Evidence of the Serpukhovian-Bashkirian minor mass extinction event in the Khudolaz section exemplified by brachiopods.

1 – limestones, 2 – dolostones, 3 – algal limestones, 4 – Fasciella-rich limestones; 5 – boundaries: a – of the stratigraphic units, б – of layers; 6 – fossils: a – different brachiopods, б – *Striatifera* shell accumulations, в – scattered shells of *Striatifera*, г – genus *Gigantoproductus*, д – genus *Latiproductus,* e – hetetids (Chaetetida), ж – solitary corals Rugosa, з – colonial corals Rugosa, и – crinoids (Crinoidea); 7 – interval of possible brachiopod detection; 8 – brachiopod occurrence: a – accumulations, б – frequent, в – rare; 9 – taxon extinction level; 10 – MB – the extinction level of the Early Carboniferous brachiopod association; 11 – level of conodonts appearance. Сюр. – Syuranian substage, Богдан. – Bogdanovskian regional substage.

го карбона. Нижняя часть башкирского яруса брахиоподами не охарактеризована. В отличие от западного склона, где при снижении таксономического разнообразия сохранялось большое количество особей, в Восточно-Магнитогорской зоне сокращение разнообразия сопровождалось и значительным уменьшением численности брахиопод.

Разрез Калинино, представленный известняками сюранского горизонта с многочисленными и разнообразными организмами (криноидеями, наутилоидеями, фораминиферами, брахиоподами, кораллами, гастроподами и пелециподами), находится к северо-западу от разреза Худолаз, между пос. Новопокровский и д. Калинино, (Kulagina et al., 2015). Карбонатные породы обнажаются в высоких скалах и по логам, впадающим в р. Худолаз слева. Они залегают среди флишевых отложений московского яруса в виде крупных блоков протяженностью от 200 до 2000 м и шириной от 20 до 200 м. Предполагается, что эти блоки попали в глубоководный бассейн в московское время вследствие обрушений высокого берегового склона, вызванных сильными землетрясениями при континентальной коллизии (Лутфуллин, 1975; Мизенс, Кокшина, 2014).

З.Г. Симонова (Постоялко и др., 1978) в результате детальных биостратиграфических исследований упомянутой толщи известняков установила, что последняя имеет неоднородное строение. В основании разреза залегают толстослоистые органогенные известняки мощностью 30–57 м. Средняя часть толщи сложена массивными биогермными породами мощностью от 22 до 56 м. В кровле разреза присутствуют слоистые известняки мощностью до 2 м. Все разновидности пород включают в себя достаточно близкие по систематическому составу комплексы фораминифер сюранского возраста.

В известняках разреза Калинино брахиоподы являются одной из доминирующих групп, однако имеют крайне неравномерное распределение, залегая преимущественно в виде линз.

В приведенном ниже анализе распространения брахиопод обобщены результаты изучения коллекции, собранной автором совместно с коллегами Е.И. Кулагиной и Т.И. Степановой в Карстовом логу (фрагменте разреза Калинино) (Kulagina et al., 2015), и данные З.Г. Симоновой. Так, в толстослоистых известняках нижней части разреза распространены брахиоподы 9 видов и 9 родов, принадлежащие четырем отрядам: Productida (4 вида и 4 рода), Orthida (1 вид, 1 род), Spiriferida (3 вида и 3 рода) и Terebratulida (1 вид и 1 род). В комплексе преобладают продуктиды *Productus productus* (Mart.), *Antiquatonia postinsculpta* (Rot.), *Linoproductus corrugatus* (McCoy) и *Fluctuaria* aff. *undata* (Defr.), а также мелкие спирифериды *Martinia glabra* и *Phricodothyris uniserialis* Pavlova. Ортиды *Rhipidomella michelini* (Eweille) и теребратулиды *Dielasma* aff. *attenuatum* (Mart.) встречаются редко.

Ассоциации брахиопод, встреченные в биогермах, многочисленны и имеют разнообразный систематический состав. Они представлены таксонами 6 отрядов: Productida (15 видов и 12 родов), Orthotetida (1 вид и 1 род), Orthida (2 вида, 2 рода), Rhynchonellida (3 вида и 3 рода), Spiriferida (3 вида и 3 рода) и Terebratulida (3 вида и 1 род). Общее количество видов – 28, родов – 22. В брахиоподовом комплексе биогермных известняков обнаружены все виды, имеющие распространение и в подстилающих толстослоистых известняках. В кровле разреза присутствуют редкие продуктиды (2 вида и 2 рода) и спирифериды (1 вид и 1 род), также известные в подстилающих отложениях (Постоялко и др., 1978).

Карстов лог. Ниже приводится анализ распространения брахиопод в биогерме, расположенном в Карстовому логу. В его разных частях в зависимости от литологии известняков установлено четыре комплекса, различающихся по составу и количеству особей. В криноидно-брахиоподовых известняках брахиоподы представлены двумя несколько различающимися по составу комплексами. Первый комплекс состоит из продуктид *Avonia youngiana* (Dav.), *Krotovia raritubercularata* (Jan.), *Pugilis* ex gr. *pugilis* Phill., ринхонеллид *Rhynchopora* sp., спириферид *Phricodothyris uniserialis*, теребратулид *Dielasma* sp. Во втором комплексе продуктиды представлены видами *Neochonetes carboniferus*, *Echinoconchella* cf. *elegans* (McCoy), *Linoproductus* sp. indet., *Krotovia* cf. *raritubercularata* (только этот вид известен и в первом комплексе); ринхонеллиды отсутствуют; спирифериды и теребратулиды представлены соответственно родами *Phricodothyris* и *Dielasma*, встреченными в первом комплексе. Вместе с брахиоподами отмечаются мшанки и гастроподы. В целом оба комплекса имеют небольшое таксономическое разнообразие, а все виды присутствуют в единичных экземплярах. Третий комплекс, приуроченный к мелкодетритовым известнякам, является многочисленным и разнообразным (9 видов, 9 родов и 3 отряда). По количеству особей в этом комплексе доминируют мелкие спирифериды *Phricodothyris uniserialis*, достаточно часто встречаются продуктиды *Productus productus.* Остальные 7 видов: продуктиды *Krotovia raritubercularata, Avonia yongiana, Pugilis* ex gr. *pugilis, Linoproductus* ex gr. *silimicus* Semich., *Fluctuaria undata,* а также спирифериды *Phricodothyris subareata* Pol. и теребратулиды *Dielasma sacculus* (Mart.), единичны. Вместе с брахиоподами встречаются немногочисленные кринодеи и пелециподы. Четвертый комплекс приурочен к ракушнякам из целых раковин и детрита мелких спириферид *Phricodothyris subareata.* Среди них присутствуют единичные спирифериды *Punctospirifer uralicus* Alex., мелкие пелециподы и криноидеи.

В целом биогермные комплексы сохранили специфику и доминирующие виды комплекса, распространенного в подстилающих известняках, однако в них появились единичные по количеству, но разнообразные по составу продуктиды, спирифериды, ринхонеллиды, ортиды, ортотетиды. По числу особей в биогермных комплексах доминируют мелкие спирифериды *Phricodothyris uniserialis* и *Phr. subareata* Pol., известные в верхах визейского – башкирском ярусе Донбасса (Полетаев, 1975). Разнообразие комплексов определяют виды, характерные для серпуховского яруса и проходящие в сюранский горизонт башкирского яруса. Однако в них отсутствуют как гигантоидные продуктиды и стриатиферы, так и характерные для низов среднего карбона виды рода *Alphachoristites.* Типичные среднекаменноугольные виды встречаются редко и представлены космополитными *Neochonetes carboniferus* (Keys.) и *Orthotetes radiata,* а также *Linoproductus* cf. *silimicus* Semich., известным в башкирских отложениях Горной Башкирии (Семихатова, 1964). Следует отметить присутствие вида-эндемика *Punctospirifer uralicus*, описанного из сюранского горизонта разреза Шартым, находящегося в северной части Восточно-Магнитогорской зоны (Эйнор, 1973). По систематическому составу комплекс брахиопод из разреза Калинино близок к сюранскому разреза Шартым, хоть и значительно беднее. Близкий комплекс распространен также в основании башкирского яруса Северной Киргизии (Эйнор, 1973; Галицкая, 1977).

Севернее разрезов Худолаз и Калинино, на левом берегу р. Большой Кизил вблизи с. Кизильское, находится ***разрез Большой Кизил.*** Здесь верхневизейский подъярус представлен мелководными шельфовыми фациями с кораллово-брахиоподовыми банками, а серпуховский ярус и нижнебашкирский подъярус – водорослевыми биогермными постройками. Граница нижнего и среднего карбона здесь установлена в непрерывной последовательности по появлению фораминифер *Plectostaffella varvariensis* и конодонтов *Declinognathodus inaequalis* (Кулагина и др., 2001, 2002; Kulagina et al., 2009; Горожанина и др., 2009).

Восточно-Уральская структурно-фациальная мегазона

На Среднем Урале к западу от г. Каменск-Уральский, между д. Бекленищева на западе и с. Смолинское на востоке, распространены шельфовые карбонатные отложения верхнего визе и серпуховского яруса нижнего карбона и биогермы сюранского горизонта башкирского яруса среднего карбона с многочисленными брахиоподами.

Бекленищево является наиболее полным разрезом этих отложений. Он находится на левом берегу реки р. Исеть, ниже порога Ревун у д. Бекленищева. Данная территория имеет очень сложное моноклинально-блоковое строение. Здесь стратиграфическая последовательность залегания отложений нарушена многочисленными разломами, по которым произошло выпадение значительных фрагментов разреза и в соприкосновение приведены разновозрастные породы (Олерский и др., 1968; Кучева, Степанова, 1999). Стратиграфическая последовательность отложений и взаимоотношения разных частей разреза установлены на основании датирования пород каждого тектонического блока по фораминиферам и брахиоподам. Расчленение отложений в 1960-е гг. было выполнено М.В. Постоялко (по фораминиферам) и И.М. Гарань (по брахиоподам). В 1990-е гг. расчленение отложений уточнено и осуществлено в соответствии со “Стратиграфической схемой карбона Восточно-Уральского субрегиона” (1993). Определения фораминифер и литологическое описание осадочных пород в шлифах были выполнены Т.И. Степановой. Брахиоподы изучены автором статьи.

В разрезе Бекленищево фрагменты отложений **верхнего визе и нижнесерпуховского подъяруса** представлены слоистыми криноидными и мшанково-криноидными известняками с редкими маломощными прослоями брахиоподовых и криноидно-брахиоподовых ракушняков. Комплекс брахиопод богдановичского горизонта верхнего визе включает 7 видов и 5 родов, в нем доминируют *Gigantoproductus moderatoconvexus* (Jan.), реже встречаются *Datangia moderatus* (Schw.) и *Latiproductus latissimus*, эпизодичны *Striatifera striata*. В сунтурском горизонте нижнесерпуховского подъяруса присутствуют единичные прослои с многочисленными *Gigantoproductus superbus* (Sar.) и *Latiproductus* sp.

Верхнесерпуховский подъярус представлен слоистыми криноидно-брахиоподовыми и брахиоподовыми известняками с крайне неравномерным распределением фауны. Брахиоподы залегают, как правило, в редких послойных скоплениях. По литологическим особенностям и комплексам фораминифер и брахиопод верхнесерпуховский подъярус расчленяется на несколько пачек и интервалов (рис. 7) (Кучева, Степанова, 1999; Кучева, 2016а).

В нижней части подъяруса (пачка XI, нижняя часть, интервал БК/121–107) комплекс брахиопод представлен в основном крупными *Gigantoproductus* cf. *superior* (Jan.) и *Latiproductus elegans* Kalash., а также редкими *Latiproductus* cf. *edelburgensis*, строфоменидами, *Unispirifer* cf. *magnus* (Sow.), *Unispirifer attenuatus* (Sow.), крупными давидсонинами и *Martinia* sp. (10 видов и 6 родов).

В средней части подъяруса состав и численность брахиопод незначительно меняются. В верхней части пачки XI – нижней части пачки XII-1 (интервал БК/106 – 127) собраны редкие неопределимые гигантоидные продуктиды, *Striatifera striata,*

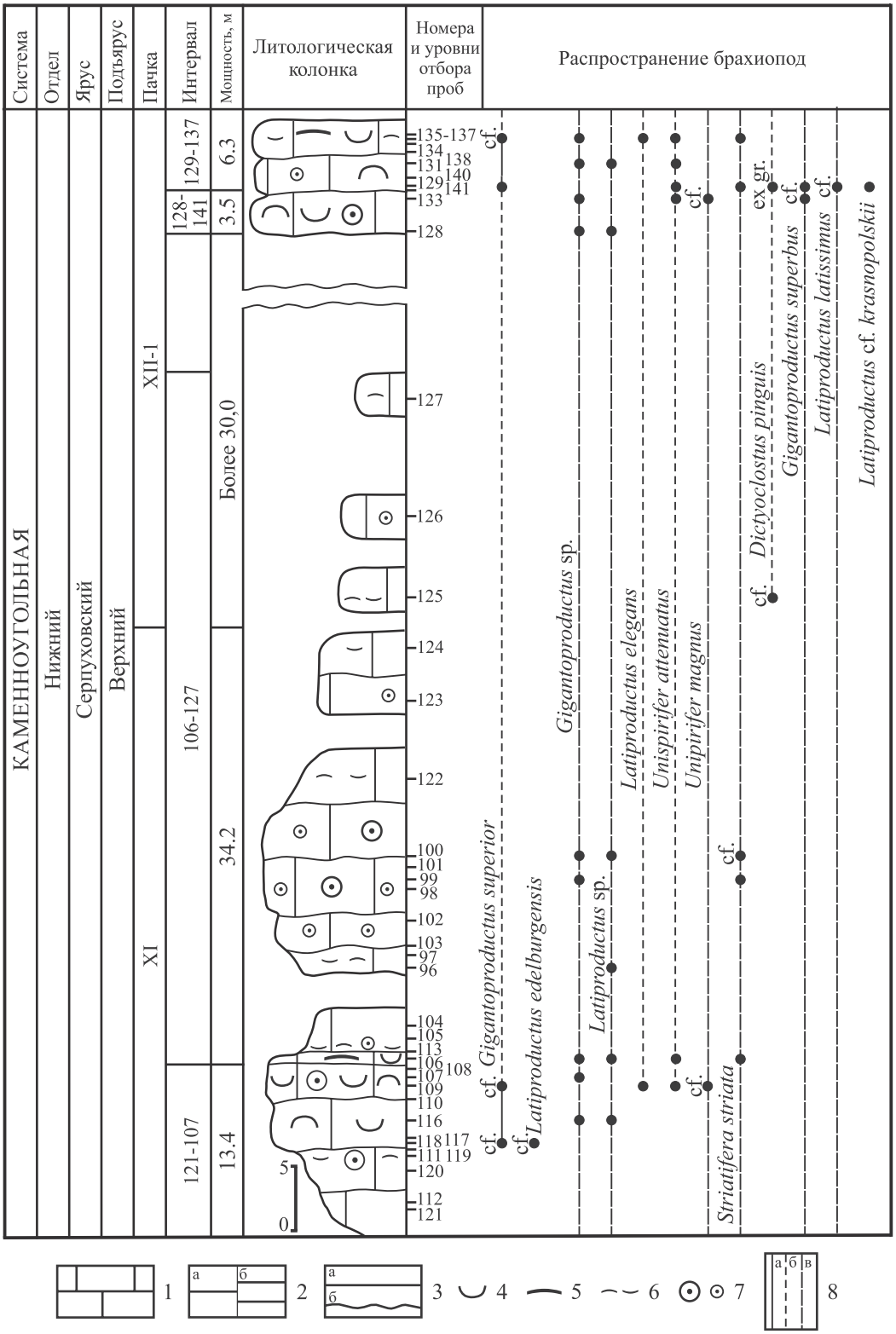

Рис. 7. Литолого-стратиграфическая колонка и распространение характерных видов брахиопод в верхнесерпуховском подъярусе разреза Бекленищево (обнажения по левому берегу р. Исеть).

1 – известняки; 2 – текстура пород: а – толстослоистая, б – среднеслоистая; 3 – границы: а – согласные, б – задернованных интервалов; органические остатки: 4 – гигантоидные продуктиды, 5 – стриатиферы, 6 – раковинный детрит, 7 – членики стеблей криноидей; 8 – распространение брахиопод: а – установленное, б – возможное, в – проходящих из подстилающих отложений.

Fig. 7. The stratigraphic column and distribution of characteristic brachiopod species in the Upper Serpukhovian substage of the Beklenishchevo section (outcrops on the left bank of Iset River).

1 – limestones; 2 – rock structure: а – thick-bedded, б – medium-bedded; 3 – boundaries: а – conformability, б – of the closed (grass-covered) intervals; fossils: 4 – *Gigantoproductus* representatives, 5 – *Striatifera* representatives, 6 – shell debris, 7 – crinoids stem segments; 8 – brachiopod distribution: а – established, б – possible, в – passing from the underlying deposits.

Delepinea sp., *Krotovia* sp., *Dictyoclostus pinguis* и др. (7 видов и 7 родов). Выше, в средней части, пачка XII-1 (интервал БК/128–141), комплекс брахиопод становится разнообразнее и многочисленнее, в нем преобладают крупные *Gigantoproductus* cf. *superbus*, *Latiproductus* cf. *latissimus*, *Dictyoclostus* ex gr. *pinguis*, единичны *Gigantoproductus* cf. *superior*, *Latiproductus* cf. *krasnopolskii* (Ein.), *Striatifera striata*, *Unispirifer* cf. *magnus* и *Unispirifer attenuatus* (10 видов и 6 родов). В верхней части пачки XII-1 (инт. БК/129–137) доминируют *Striatifera striata* и *Latiproductus* cf. *elegans*, немногочисленны *Gigantoproductus* cf. *superior*, *Latiproductus* sp., *Dictyoclostus* sp., *Unispirifer attenuatus* и мелкие атиридиды (9 видов и 6 родов).

В верхней части серпуховского яруса (пачка XII-2) комплекс брахиопод характеризуется значительным таксономическим разнообразием и большим количеством особей (15 видов и 13 родов). В нем наиболее многочисленны крупные *Striatifera striata*, *Datangia protvensis* (Sar.), *Martinia glabra*, *Actinoconchus adepressiorus*; часты *Productus concinnus*, *Antiquatonia* cf. *insculpta* (M.-W.), *Latiproductus latissimus*, *Actinoconchus adepressiorus*, *Leiothycridina expansa*, *Unispirifer* sp. и др. Пограничные отложения нижнего и среднего карбона в этом разрезе не установлены.

Биогермные образования сюранского горизонта башкирского яруса залегают в изолированных тектонических блоках по обоим берегам р. Исеть, к востоку от отложений нижнего карбона и западнее с. Смолинское среди флишевых терригенно-карбонатных пород нерасчлененных акавасского и аскынбашского горизонтов нижнебашкирского подъяруса. Наиболее крупный биогерм находится на правом берегу р. Исеть (пачка XIV). Он сложен массивными известняками с многочисленными и разнообразными по систематическому составу брахиоподами, мшанками, криноидеями, пелециподами, трилобитами, редкими кораллами и водорослями (Гарань, Шестакова, 1973). Все организмы имеют крайне неравномерное распределение и встречаются в виде разобщенных скоплений. Комплекс брахиопод представлен 24 видами и 23 родами. От верхнесерпуховского комплекса он отличается отсутствием гигантоидных продуктид и стриатифер и обилием мелких брахиопод разного систематического состава, среди которых наиболее многочисленны *Productus conninnus* и *Eomarginifera schartimiensis*, часто встречаются *Linoproductus tenuistriatus* (Vern.) и *Martinia glabra*. Постоянными составляющими этого комплекса являются единичные *Neochonetes* sp., *Antiquatonia postinsculpta*, *Pugnax sella* (Kut.), *Stenoscisma pseudosella* (Step.), *Hustedia remota* Eichw., *Phricodothyris asiatica* (Chao). По особенностям таксономического состава, а именно по отсутствию гигантоидных продуктид и стриатифер, многочисленности мелких продуктид, спириферид и ринхонеллид, этот комплекс сопоставляется с сюранским из разрезов Шартым и Калинино.

В разрезе Бекленищево, несмотря на его сложное тектоническое строение и неполноту, восстановлена последовательная смена одних возрастных комплексов другими и определены особенности изменения разнообразия брахиопод на рубеже раннего и среднего карбона. Родовой и в значительной степени видовой состав верхнесерпуховского комплекса унаследован от верхневизейско-нижнесерпуховского, однако отличается значительным таксономическим разнообразием и многочисленностью особей. В целом в его составе преобладают гигантоидные продуктиды (*Gigantoproductus superbus*, *G. superior*, *Datangia protvensis*, *Latiproductus latissimus*, *L. elegans*, *L. edelburgensis*) и стриатиферы. Характерной особенностью этого комплекса является увеличение его разнообразия вверх по разрезу. Если в нижней части верхнесерпуховского подъяруса количество видов колеблется от 4 до 8, а родов – от 4 до 6, то в верхней части нижнего карбона за счет появления большого числа высокополостных продуктид (*Productus concinnus*, *Dictyoclostus pinguis*, *Antiquatonia* cf. *insculpta*), мелких спириферид (*Martinia glabra*) и атиридид (*Actinoconchus adepressiorus и Leiothycridina expansa*) число видов достигает 15, а родов – 13.

Обнаруженный выше по разрезу сюранский комплекс брахиопод является еще более многочисленным и разнообразным. Он резко отличается от верхнесерпуховского отсутствием гигантоидных продуктид и стриатифер и появлением типичных среднекаменноугольных родов и видов – *Neochonetes* sp., *Krotovia karpinskiana*, *Pugnax sella*, *Stenoscisma pseudosella*, *Hustedia remota* и др. Количество видов в нем достигло 24, а родов – 23. По количеству особей в этом комплексе преобладают транзитные продуктиды *Productus conninnus* и *Eomarginifera schartimiensis* и спирифериды *Martinia glabra*, доля среднекаменноугольных таксонов составляет около 30%.

Таким образом, в разрезе Бекленищево вблизи рубежа раннего и среднего карбона на фоне вымирания гигантоидных продуктид и стриатифер про-

исходило увеличение разнообразия брахиопод: в нижнем карбоне – за счет распространения многочисленных мелких Productidae, Linoproductinae, Spiriferinae и Athyrididae, в сюранском горизонте – вследствие появления большого числа среднекаменноугольных таксонов. Несмотря на то, что в разрезе Бекленищево не обнажены верхи нижнего карбона, по отсутствию в биогермах сюранского горизонта гигантоидных продуктид и стриатифер можно предположить, что они вымерли в предсюранское время, а одной из наиболее вероятных причин этого вымирания могло быть влияние серпуховско-башкирского события.

Разрез Пещерный лог находится в тектоническом блоке на правом берегу р. Исеть, напротив разреза Бекленищево. Здесь в русле и бортах лога прослеживается фрагмент мелководных отложений позднесерпуховского возраста (Кучева, Степанова, 1999; Кучева, 2016б). В нижней части разреза (интервал П/21–11) отмечаются гнездообразные скопления брахиопод, среди которых преобладают *Striatifera striata*, единичны *Gigantoproductus* sp., *Latiproductus* sp., *Productus concinnus*, *Dictyoclostus* cf. *pinguis*, *Martinia* sp., ринхонеллиды, а также пелециподы. В верхней части разреза (интервал П/10–3) распространены преимущественно водорослевые известняки чернышевского горизонта (возраст установлен по фораминиферам) с единичными банками *Striatifera* cf. *angusta* (Jan.) и гнездообразными скоплениями крупных *Striatifera striata.* Кровля разреза брахиоподами не охарактеризована. В этом разрезе также выражен тренд сокращения разнообразия и вымирания в конце раннего карбона родов *Latiproductus* и *Striatifera*, прослеженный в разрезе Худолаз и на западном склоне Урала.

Акавасский и аскынбашский горизонты нижнебашкирского подъяруса в разрезах Бекленищево и Пещерный лог представлены флишевой терригенно-карбонатной толщей малобелоносовской свиты с редкими мелкими, вероятнее всего переотложенными, продуктидами.

В окрестностях г. Каменск-Уральский, к востоку от разрезов Бекленищево и Пещерный лог, отложения верхнего визе–среднего карбона прослеживаются по обоим берегам р. Исеть (разрез Брод-Ключики), пограничные отложения нижнего и среднего карбона вскрыты также двумя щебеночными карьерами “Уралнеруд-1, 2”.

Разрез Брод-Ключики и карьер “Уралнеруд-1”. Здесь **нижняя часть верхнесерпуховского подъяруса** сложена мелкообломочными брекчиями и по положению в разрезе условно отнесена к худолазовскому горизонту (см. рис. 2). В брекчиях встречены немногочисленные *Striatifera striata,* мелкие атиридиды, единичные *Datangia* cf. *protvensis*, *Brachythyris* sp., а также конодонты *Gnathodus bilineatus bilineatus*, *Lochriea nodosa* (Bisch.), *L. cruciformis* (Clarke); распространен бедный комплекс фораминифер, не содержащий зональных видов. **Верхняя часть верхнесерпуховского подъяруса (чернышевский горизонт)** сложена преимущественно тонкослоистыми известняками, содержащими на отдельных уровнях массовые скопления мелких аммоноидей, характеризующих генозону Fayettivillea–Delepinoceras (верхи серпуховского яруса). Другие группы организмов представлены крайне бедным комплексом фораминифер (единичными мелкими *Neoarchaediscus* ex gr. *parvus* (Raus.) и *N. incertus* (Grozd. et Leb.)), единичными брахиоподами *Productus* sp. и мелкими тонкостенными атиридидами, а также конодонтами *Gnathodus bilineatus bollandensis* (Степанова и др., 2001).

Контакт отложений нижнего и среднего карбона установлен в карьере “Уралнеруд-2” (правый берег р. Исеть), где отложения башкирского яруса залегают с размывом на афанитовых известняках серпуховского яруса (Сапурин, 2015). Он наблюдается также на левом берегу р. Исеть в полузадернованных выходах, где однозначно о его характере судить сложно. В карьере “Уралнеруд-1” (левый берег р. Исеть) контакт закрыт осыпью.

В **основании башкирского яруса** залегает брекчиево-доломитовая толща. Нижняя ее часть сложена массивными несортированными известняковыми брекчиями, состоящими из обломков всех литологических разновидностей подстилающих пород серпуховского яруса. В верхней части толщи в составе обломков преобладают водорослевые и органогенные известняки, породообразующим организмом которых являются водоросли *Fasciella kizilia* R. Iv. Остальные разновидности пород редки. На основании обнаружения в цементе брекчий фораминифер сюранского возраста породы отнесены к **сюранскому горизонту**. Брахиоподы в этом интервале разреза не обнаружены (Степанова и др., 2001). Выше брекчий залегают доломитизированные известняки и доломиты акавасского горизонта (Чувашов и др., 2002б), содержащие редкие брахиоподы *Neochonetes* sp., *Antiquatonia* sp., *Alphachoristites* cf. *bisulcatiformis, Phricodothyris* sp., мелкие тонкостворчатые атиридиды, а также членики криноидей, мшанки, гастроподы и хвостовые щиты мелких трилобитов. В верхней части карбонатного разреза распространены органогенные известняки с многочисленными *Linoproductus postovatus* и редкими *Orthotetes* cf. *radiata, Productus concinnus* и пелециподами. Органические остатки распределены по объему породы без какой-либо закономерности. В этой части разреза фораминиферы становятся более многочисленными, а водоросли встречаются значительно реже. Известняки акавасского горизонта перекрыты глинисто-карбонатными отложениями аскынбашского–асатаусского горизонтов (щербаковская свита) (Чувашов и др., 1984, 2002б).

Ранее отмеченная динамика разнообразия брахиопод, характеризующая серпуховско-башкирский событийный интервал, несмотря на недостаточную представительность брахиопод и их крайне неравномерное распределение, прослеживается и в этих разрезах.

ВЫВОДЫ

В разнофациальных отложениях Среднего и Южного Урала по динамике родового и видового разнообразия брахиопод на рубеже раннего и среднего карбона распознается серпуховско-башкирское событие малого массового вымирания. Изменения таксономического состава брахиопод отражают полную последовательность фаз эволюционной модели, характеризующей событие массового вымирания: вымирание доминирующих групп, выживание единичных консервативных таксонов, формирование новой ассоциации и постепенное восстановление разнообразия. На западном склоне Урала отчетливо прослеживаются все фазы этого тренда: на протяжении позднесерпуховского времени понижение уровня Мирового океана сопровождалось сокращением разнообразия, вымиранием доминирующих родов и видов гигантопродуктусово-стратиферовой ассоциации, выживанием родов *Productus* и *Eomarginifera*; начавшееся в раннебашкирское время повышение уровня моря сопровождалось формированием хориститовой ассоциации и увеличением ее разнообразия. На восточном склоне Урала в пограничном интервале раннего и среднего карбона в развитии брахиопод также прослеживается эволюционный тренд, характеризующий событие малого массового вымирания. Он отчетливо выражен в позднесерпуховское время уменьшением числа родов и видов трибы Gigantoproductini и видов рода *Striatifera* и их вымиранием вблизи рубежа раннего и среднего карбона независимо от уменьшения или увеличения таксономического разнообразия брахиопод в целом. В начале среднего карбона этот тренд также проявлен, но затушеван активизацией региональных тектонических процессов, вызвавших в сюранское время формирование биогермов и брекчий, а в акавасское – разрушение всей экосистемы вследствие образования глубоководных прогибов и распространения неблагоприятных для обитания брахиопод обстановок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А.С. (2000) Типизация фанерозойских событий массового вымирания организмов. *Вестн. Моск. ун-та.* Сер. 4. Геология, (5), 6-14.

Алексеев А.С. (2006) Двучленное деление каменноугольной системы. *Эволюция биосферы и биоразнообразия. К 70-летию А.Ю. Розанова. 5. Проблемы стратиграфии и палеобиогеографии.* М.: ПИН РАН, 527-539.

Алексеев А.С., Горева Н.В., Реймерс А.Н. (2008) Границы каменноугольной системы и геобиологические события. *Био-литостратиграфические рубежи в истории Земли.* Тюмень: ТюмГНГУ, 39-45.

Алексеев А.С., Реймерс А.Н. (2010а) Основные тренды в изменении климата каменноугольного периода. *Палеострат-2010. Годичное собрание секции палеонтологии МОИП и Московского отделения Палеонтол. общества*. М.: ПИН РАН, 7-8.

Алексеев А.С., Реймерс А.Н. (2010б) Климат каменноугольного периода и его динамика на Восточно-Европейской платформе и западном склоне Урала. *Геология и нефтегазоносность северных районов Урало-Поволжья. Сборник мат-лов Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения проф. П.А. Софроницкого.* Пермь: Перм. гос. ун-т, 16-18.

Амон Э.О. (2005) Введение в историческую геологию. Екатеринбург: УГГУ, 257-261.

Галицкая А.Я. (1977) Ранне-среднекаменноугольные продуктиды Северной Киргизии. Фрунзе: Илим, 138-165.

Гарань И.М., Шестакова М.Ф. (1973) О поздненамюрском комплексе брахиопод Среднего Урала. *Стратиграфия и нефтеносность карбона Западного Урала и Приуралья*. Сб. науч. тр. № 121. Пермь: ППИ, 57-72.

Горожанина Е.Н. (2010) Типы карбонатных платформ Южного Урала и Приуралья, их связь с нефтегазоносностью. *Мат-лы VIII Межрегиональной геологической конференции.* Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 188-191.

Горожанина Е.Н., Пазухин В.Н., Горожанин В.М. (2009) Палеофациальная модель осадконакопления нижнекаменноугольных отложений на Южном Урале. *Типовые разрезы карбона России и потенциальные глобальные стратотипы. Южноуральская сессия.* Мат-лы Междунар. полевого совещ. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 12-21.

Короновский Н.В., Хаин В.Е., Ясаманов Н.А. (2008) Историческая геология: учебник для студ. высш. учебн. заведений. М.: Изд. центр “Академия”, 464 с.

Коссовая О.Л. (2000) Среднекаменноугольное событие. *Использование событийно-стратиграфических уровней для межрегиональной корреляции фанерозоя России.* СПб.: ВСЕГЕИ, 49-52.

Коссовая О.Л. (2010) Основные экологические события позднего палеозоя – биотический и абиотический аспекты. *Эволюция органического мира и биотические кризисы.* Мат-лы LVI сессии Палеонтологического общества при РАН. СПб., ВСЕГЕИ, 56-58.

Кулагина Е.И., Пазухин В.Н., Кочеткова Н.М., Синицына З.А., Кочетова Н.Н. (2001) Характеристика разрезов. *Стратотипические и опорные разрезы башкирского яруса карбона Южного Урала*. Уфа: Гилем, 10-54.

Кулагина Е.И., Пазухин В.Н., Кочетова Н.Н., Гибшман Н.Б., Николаева С.В. (2002) Разрез серпуховского и башкирского ярусов по р. Большой Кизил. *Путеводитель геологических экскурсий по карбону Урала. Ч. 1. Южноуральская экскурсия*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 49-58.

Кучева Н.А. (2011) Изменения состава сообществ брахиопод в разрезе “Бражка” как отражение срединно-каменноугольного биотического события (западный склон Среднего Урала). *Ежегодник-2010.* Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 158, 21-26.

Кучева Н.А. (2015) Распространение брахиопод в пограничных отложениях нижнего и среднего карбона разреза Бражка (западный склон Среднего Урала). *Бюл. Моск. общ-ва испытателей природы, отд. геол.*, **90**(2), 35-50.

Кучева Н.А. (2016а) Распространение брахиопод в пограничных отложениях нижнего и среднего карбона (восточный склон Среднего Урала). *Ежегодник-2015.* Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 163, 22-30.

Кучева Н.А. (2016б) Фациальные обстановки и сообщества брахиопод на рубеже раннего и среднего карбона (восточный склон Урала). *Осадочные комплексы Урала и прилегающих регионов и их минерагения.* Тез. докл. 11-го Уральского литологического совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 138-140.

Кучева Н.А., Степанова Т.И. (1999) Стратиграфия каменноугольных отложений Смолинского района. *Уральский геол. журн.*, (3), 13-46.

Кучева Н.А., Степанова Т.И. (2010) Об особенностях границы нижнего и среднего карбона на западном склоне Среднего Урала. *Геология и нефтегазоносность северных районов Урало-Поволжья.* Сборник мат-лов Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения проф. П.А. Софроницкого. Пермь: Перм. гос. ун-т, 60-63.

Кучева Н.А., Степанова Т.И., Иванова Р.М. (2002) Пограничные башкирско-серпуховские отложения в разрезе "Мартьяново". *Путеводитель геологических экскурсий по карбону Урала. Ч. 2. Среднеуральская экскурсия.* Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 38-50.

Легенда Уральской серии листов Госгеолкарты 1000/3 (актуализированная версия). (2009) Отв. исполнитель А.В. Жданов. СПб.: ВСЕГЕИ. *Электронная версия.*

Лутфуллин Я.Л. (1974) Биогермные образования центральной части Магнитогорского мегасинклинория и перспективы их нефтегазоносности. *Тектоника, литология и нефтеносность Башкирии.* Вопросы геологии восточной окраины Русской платформы и Южного Урала. Вып. 22. Уфа: ИГ БФАН СССР, 99-103.

Лутфуллин Я.Л. (1975) История геологического развития центральной части Магнитогорского мегасинклинория в каменноугольном периоде. *Стратиграфия и геология карбона Южного Урала и восточной окраины Русской платформы.* Мат-лы к VIII Междунар. конгрессу по стратиграфии и геологии карбона. Уфа: БФАН СССР, 145-154.

Мизенс Г.А., Кокшина Л.В. (2014) Некоторые особенности разреза московских отложений на востоке Южного Урала (Магнитогорская мегазона). *Ежегодник-2013.* Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 161, 86-89.

Немировская Т.И., Алексеев А.С. (1993) Конодонты башкирского яруса разреза Аскын (Горная Башкирия). *Бюл. Моск. общ-ва испытателей природы, отд. геол.*, **68**(1), 65-86.

Немков Г.И., Левицкий Е.С., Гречишникова В.А., Густомесов В.А., Муратов М.В., Цейслер В.М. (1986) Историческая геология. Учебник для вузов. М.: Недра, 352 с.

Олерский В.П., Соляник В.Н., Соляник Н.В., Александров В.А. (1968) Геологическая карта Урала масштаба 1:50 000, лист О-41-124-В. Отчет Смолинского геолого-съемочного отряда за 1967-1968 гг. Т. 1. Свердловск: ФБУ "Территориальный фонд геологической информации по Уральскому федеральному округу". Инв. № 31326, 131-158.

Пазухин В.Н., Николаева С.В., Кулагина Е.И. (2012) Срединная граница карбона на Южном Урале и в Приуралье. *"Верхний палеозой России: региональная стратиграфия, палеонтология, гео- и биособытия".* Мат-лы III Всерос. Совещ. СПб., ВСЕГЕИ 169-172.

Полетаев В.И. (1975) Раннекаменноугольные и башкирские гладкие спирифериды и атириды Донецкого бассейна. Киев: Наук. думка, 140 с.

Постоялко М.В. (1991) К вопросу о границе нижнего и среднего карбона на Среднем Урале. *Границы биостратиграфических подразделений карбона Урала.* Свердловск: УрО АН СССР, 71-92.

Постоялко М.В., Симонова З.Г., Черепанова Н.А. (1978) Отчет по теме "Детальное биостратиграфическое расчленение среднекаменноугольных отложений Среднего и Южного Урала" за 1976–1978 годы. Т. II. Южный Урал. Свердловск: ФБУ "Территориальный фонд геологической информации по Уральскому федеральному округу". Инв. № 35660, 42-57.

Сапурин С.А. (2015) Микробиалиты в разрезе верхней части серпуховского яруса (восточный склон Среднего Урала). *Ежегодник-2014.* Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 162, 77-81.

Сапурин С.А., Степанова Т.И. (2016) Микробиальные образования в пограничных серпуховско-башкирских отложениях на восточном склоне Южного Урала (р. Худолаз). *Ежегодник-2015.* Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 163, 31-36.

Семихатова С.В. (1964) Брахиоподы из опорных разрезов башкирского яруса Горной Башкирии. *Фауна палеозоя Волго-Уральской нефтегазоносной провинции.* Тр. ВНИГРИ. Вып. XLIII. М.: Недра, 180-227.

Синицына З.А. (1975) Разрез среднего и верхнего карбона по р. Аскын. *VIII Междунар. конгресс по стратиграфии и геологии карбона. Путеводитель экскурсии по разрезам карбона Южного Урала (Башкирия).* М.: Наука, 52-72.

Синицына З.А., Кулагина Е.И., Пазухин В.Н., Кочеткова Н.М.(1995) Разрез "Аскын". *Путеводитель геологической экскурсии по разрезам палеозоя и верхнего докембрия западного склона Южного Урала и Приуралья.* Уфа: ИГУНЦ РАН, 111-128.

Синицына З.А., Кулагина Е.И., Пазухин В.Н. (2002) Разрез башкирского яруса по р. Аскын. *Путеводитель геологических экскурсий по карбону Урала. Ч. 1. Южноуральская экскурсия.* Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 7-17.

Степанова Т.И. (2014) Зависимость состава комплексов фораминифер от микрофаций на примере верхнесерпуховских отложений в разрезе "Бражка". *Ежегодник-2013.* Тр. ИГГ УрО РАН. Вып. 161, 112-119.

Степанова Т.И. (2018) Фораминиферы пограничных отложений нижнего и среднего карбона в разрезе Бражка (западный склон Среднего Урала). *Бюл. Моск. общ-ва испытателей природы, отд. геол.,* **93**(4), 31-53.

Степанова Т.И., Кучева Н.А. (2006) Разрез Худолаз – стратотип горизонтов субрегиональной схемы нижнекаменноугольных отложений восточного склона Урала. *Литосфера*, (1), 45-75.

Степанова Т.И., Кучева Н.А. (2009) Палеонтологическое обоснование горизонтов серпуховского яруса Восточно-Уральского субрегиона в стратотипе по реке

Худолаз. *Типовые разрезы карбона России и потенциальные глобальные стратотипы. Южноуральская сессия.* Мат-лы Междунар. полевого совещ. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 97-128.

Степанова Т.И., Кучева Н.А., Школин А.А. (2001) Новые материалы по стратиграфии и аммоноидеям верхнесерпуховских отложений на р. Исети. *Эволюция жизни на Земле.* Мат-лы II Междунар. Симпоз. Томск: Томский госуниверситет, 233-236.

Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой). (1993) Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, Уралгеолком.

Чувашов Б.И. (2000) Палеозойские карбонатные платформы Уральского подвижного пояса и его обрамления (позднедевонские и раннекаменноугольные карбонатные платформы). *Осадочные бассейны Урала и прилегающих регионов: закономерности строения и минерагения.* Доклады 4-го регионального Уральского литологического совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 68-87.

Чувашов Б.И., Иванова Р.М., Колчина А.Н. (1984) Верхний палеозой восточного склона Урала. Стратиграфия и геологическая история. Свердловск: УНЦ АН СССР, 230 с.

Чувашов Б.И., Иванова Р.М., Кучева Н.А. (2002а) Пограничные нижне-среднекаменноугольные отложения в разрезе “Сокол”. *Путеводитель геологических экскурсий по карбону Урала. Ч. 2. Среднеуральская экскурсия*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 23-37.

Чувашов Б.И., Черных В.В., Иванова Р.М. (2002б) Пограничные башкирско-московские отложения бассейна реки Исеть. *Путеводитель геологических экскурсий по карбону Урала. Ч. 2. Среднеуральская экскурсия*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 68-101.

Щербаков О.А., Подстаницкая Э.К., Пирожкова З.А. (1966) О расчленении и условиях образования верхневизейских и намюрских отложений на западном склоне Среднего Урала. *Вопросы палеогеографии карбона*. Науч. тр. Сборник XXIII. Пермь: ППИ, 160-172.

Щербакова М.В. (1969) Некоторые вопросы стратиграфии намюрского яруса западного склона Среднего Урала. *Геология и полезные ископаемые карбона Западного Урала.* Сб. науч. тр. № 38. Пермь: ППИ, 69-76.

Щербакова М.В., Щербаков О.А. (2002) Характеристика и корреляция пограничных отложений нижнего и среднего карбона в непрерывных разрезах Западного Урала. *Стратиграфия и палеогеография карбона Евразии*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 307-317.

Эйнор О.Л. (1955) Материалы по стратиграфии среднего карбона Кизеловского и Чусовского районов. *Стратиграфия палеозойских отложений Тимана и западного склона Урала.* Л.: Труды ВНИГРИ, Нов. сер. Вып. 90, 281-330.

Эйнор О.Л. (1958) Исследования по стратиграфии карбона восточной окраины Урало-Волжской нефтеносной области (Горная Башкирия). Л.: ГОСТОПТЕХИЗДАТ, 195 с.

Эйнор О.Л. (1973) Стратиграфия. *Стратиграфия и фауна каменноугольных отложений реки Шартым (Южный Урал).* Львов: Вища школа, 16-38.

Эйнор О.Л., Румянцева З.С. (1988) О границе нижнего и среднего карбона. *Бюл. Моск. о-ва испытателей природы, отд. геол.*, **63**(1), 39-49.

Grossman E.L., Bruckschen P., Mii H., Chuvashov B.I., Yancey T.E., Veizer J. (2002) Carboniferous paleoclimate and global change: isotopic evidence from the Russian platform. *Стратиграфия и палеогеография карбона Евразии*. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 61-71.

Kulagina E.I., Kucheva N.A., Stepanova T.I., Nikolaeva S.V., Konovalova V.A., Richards B.C., Alekseev A.S., Gatovsky Y.A., Gorozhanina E.N. (2015) Bashkirian-biogerms along the Khudolaz River near Sibai, eastern slope of the South Urals, Russia. *XVIII International Congress on the Carboniferous and Permian.* Abstract Volume. Kazan’, Federal University, Institute of Geology and Petroleum Technologies, 104.

Kulagina E.I., Pasukhin V.N., Nikolaeva S.V., Kochetova N.N., Zainakaeva G.F., Gibshman N.B., Konovalova V.A. (2009) Serpukhovian and Bashkirian Biogerm facies of the Kizil Formation in the Southern Urals. *Carboniferous Type Sections in Russia and Potential Global Stratotypes. Southern Urals Session. Proceedings of the International Field Meeting “The Historical Type Sections, Proposed and Potential GSSP of the Carboniferous in Russia”.* Ufa: DizainPoligrafServis, 78-96.

Scotese C.R. (2014) Atlas of Permo-Carboniferous Paleogeographic Maps (Mollweide Projection), Maps 53-64. PALEOMAP PaleoAtlas for ArcGIS *The Late Paleozoic*., vol. 4. PALEOMAP Project, Evanston, IL. https://www.academia.edu/16664729/Atlas_of_Permo-Carboniferous_Paleogeographic_Maps.

Treatise on Invertebrate Paleontology. Pt H. Brachiopoda. Revised. Geol. Soc. Amer., Inc., Univ. Kansas. Boulder (Colorado); Lawrence (Kansas), 2000. V. 2, 3. P. 216-252, 350-919; 2002. V. 4. P. 1132-1133, 1496-1601; 2006. V. 5. P. 1747-1910.

REFERENCES

Alekseev A.S. (2000) Typification of the Phanerozoic mass extinction events. *Vestn. Mosk. Univ. Ser. 4. Geol.,* (5), 6-14. (In Russian)

Alekseev A.S. (2006) Bipartition of the Carboniferous System. *Evolyutsiya biosfery i bioraznoobraziya. K 70-letiyu A.Yu. Rozanova. 5. Problemy stratigrafii i paleobiogeografii* [The evolution of biosphere and biodiversity. To the 70th anniversary of A.Yu. Rozanov. Problems of stratigraphy and paleobiogeography]. Moscow, PIN RAS Publ., 527-539. (In Russian)

Alekseev A.S., Goreva N.V., Reimers A.N. (2008) The Carboniferous System boundaries and geobiological events. *Bio-litostratigraficheskie rubezhi v istorii Zemli* [Biolithostratigraphic marks in the Earth history]. Tyumen’, TyumGNGU Publ., 39-45. (In Russian)

Alekseev A.S., Reimers A.N. (2010a) Major trends in Carboniferous period climatic changes. *Paleostrat-2010. Godichnoe sobranie sektsii paleontologii MOIP I Moskovskogo otdeleniya Paleontol. obshchestva* [Paleostrat-2010. Annual meeting of the MOIP paleontology section and the Moscow branch of Paleont. society]. Moscow, PIN RAS Publ., 7-8. (In Russian)

Alekseev A.S., Reimers A.N. (2010b) The climate of the Carboniferous period and its dynamics on the East European Platform and the Urals western slope. *Geologiya i neftegazonosnost’ severnykh raionov Uralo-Povolzh’ya:* Sbornik mat-lov Vseros. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 100-letiyu so dnya rozhdeniya pr. of P.A. Sofronitsko-

go [Geology and petroleum potential of the Ural-Volga region northern areas: Proc. of All-Russian scientific-practical conf. dedicated to 100th anniversary of prof. P.A. Sofronitskyy birth]. Perm', Perm Stat. Univ. Publ., 16-18. (In Russian)

Amon E.O. (2005) *Vvedenie v istoricheskuyu geologiyu* [Introduction to historical geology]. Ekaterinburg, UGGU Publ., 257-261. (In Russian)

Chuvashov B.I. (2000) Paleozoic carbonate platforms of the Urals and adjacent regions (the late Devonian and early Carboniferous carbonate platforms). *Osadochnye basseiny Urala i prilegayushchikh regionov: zakonomernosti stroeniya i minerageniya.* Doklady 4-go regional'nogo Ural'skogo litologicheskogo soveshchaniya [Sedimentary basins of the Urals and adjacent regions: patterns of structure and minerageny. Reports of 4th regional Ural lithologic meeting]. Ekaterinburg, IGG UB of RAS, 68-87. (In Russian)

Chuvashov B.I., Ivanova R.M., Kolchina A.N. (1984) *Verkhnii paleozoi vostochnogo sklona Urala. Stratigrafiya i geologicheskaya istoriya* [The Upper Paleozoic of the Urals eastern slope. Stratigraphy and geological history]. Sverdlovsk, UB of Akad. Nauk SSSR, 230 p. (In Russian)

Chuvashov B.I., Ivanova R.M., Kucheva N.A. (2002a) The Lower-Middle Carboniferous boundary deposits in the "Sokol" section. *Putevoditel' geologicheskikh ekskursii po karbonu Urala. Ch. 2. Sredneural'skaya ekskursiya* [Guide to geological excursions on the Carboniferous of the Urals. Pt 2. The Middle-Urals excursion]. Ekaterinburg, IGG UB of RAS, 23-37. (In Russian)

Chuvashov B.I., Chernykh V.V., Ivanova R.M. (2002b) The Bashkirian-Moscovian boundary deposits of the Iset' River basin. *Putevoditel' geologicheskikh ekskursii po karbonu Urala. Ch. 2. Sredneural'skaya ekskursiya* [Guide to geological excursions on the Carboniferous of the Urals. Pt 2. The Middle-Urals excursion]. Ekaterinburg, IGG UB of RAS, 68-101. (In Russian)

Einor O.L. (1955) Materials on the Middle Carboniferous stratigraphy of Kizelovsky and Chusovskoidistricts. *Stratigrafiya paleozoiskikh otlozhenii Timana i zapadnogo sklona Urala* [Stratigraphy of the Timan and Urals western slope Paleozoic deposits]. Leningrad, Proc. VNIGRI. Nov. ser. Iss. 90, 281-330. (In Russian)

Einor O.L. (1958) *Issledovaniya po stratigrafii karbona vostochnoi okrainy Uralo-Volzhskoi neftenosnoi oblasti (Gornaya Bashkiriya)* [Carboniferous stratigraphy studies of the Ural-Volga oil-bearing region eastern margin (Bashkiria Highlands)]. Leningrad, GOSTOPTEKhIZDAT Publ., 195 p. (In Russian)

Einor O.L. (1973) Stratigraphy. *Stratigrafiya i fauna kamennougol'nykh otlozhenii reki Shartym (Yuzhnyi Ural)* [Stratigraphy and fauna of the Shartym river Carboniferous deposits (the Southern Urals)]. L'vov, Vishchashkola Publ., 16-38. (In Russian)

Einor O.L., Rumyantseva Z.S. (1988) About the Mid-Carboniferous boundary. *Bul. MOIP, otd. geol.*, **63**(1), 39-49. (In Russian)

Galitskaya A.Ya. (1977) *Ranne-srednekamennougol'nye produktidy Severnoi Kirgizii* [Early-Middle Carboniferous Productida of the Northern Kyrgyzstan]. Frunze, Ilim Publ., 138-165. (In Russian)

Garan' I.M., Shestakova M.F. (1973) About the Late Namurian brachiopod complex of the Middle Urals. *Stratigrafiya i neftenosnost' karbona Zapadnogo Urala i Priural'ya. Sbornik nauchnykh trudov № 121* [Stratigraphy and oil-bearing capability of the Carboniferous of the Western Urals and the Pre-Urals. Collection of scientific papers No. 121]. Perm', PPI Publ., 57-72. (In Russian)

Gorozhanina E.N. (2010) Carbonate platform types of the Southern Urals and Cisuralian area, relations with oil and gas content. *Mat-ly VIII Mezhregional'noi geologicheskoi konferentsii* [Proc. VIII interregional geological conference]. Ufa, DizainPoligrafServis Publ., 188-191. (In Russian)

Gorozhanina E.N., Pazukhin V.N., Gorozhanin V.M. (2009) Paleofacial sedimentary model of the Lower Carboniferous deposits in the Southern Urals. *Tipovye razrezy karbona Rossii i potentsial'nye global'nye stratotipy. Yuzhnoural'skaya sessiya.* Materialy Mezhdunarodnogo polevogo soveshchaniya [Carboniferous Type Sections in Russia and Potential Global Stratotypes. Southern Urals Session. Proceedings of the International Field Meeting] Ufa, DizainPoligrafServis Publ., 12-21. (In Russian)

Grossman E.L., Bruckschen P., Mii H., Chuvashov B.I., Yancey T.E., Veizer J. (2002) Carboniferous paleoclimate and global change: isotopic evidence from the Russian platform. *Stratigrafiya i paleogeografiya karbona Evrazii* [Carboniferous stratigraphy and paleogeography in Eurasia]. Ekaterinburg, IGG UB of RAS, 61-71.

Koronovskii N.V., Khain V.E., Yasamanov N.A. (2008) *Istoricheskaya geologiya: uchebnik dlya stud. vyssh. uchebn. zavedenii* [Historical geology: a textbook for university students]. Moscow, Akademiya Publ., 464 p. (In Russian)

Kossovaya O.L. (2000) The Mid-Carboniferous Event. *Ispol'zovanie sobytiino-stratigraficheskikh urovnei dlya mezhregionalnoi korrelyatsii fanerozoya Rossii* [Event-stratigraphy levels applying for the interregional correlation of the Phanerozoic of Russia]. St.Petersburg, VSEGEI Publ., 49-52. (In Russian)

Kossovaya O.L. (2010) The main environmental events in the Late Paleozoic – biotic and abiotic aspects. *Evolyutsiya organicheskogo mira i bioticheskie krizisy.* Materialy LVI sessii Paleontologicheskogo obshchestva pri RAN [The organic world evolution and biotic crises. Proc. LVI session of the Paleontological Society of RAS]. St.Petersburg, ВСЕГЕИ Publ., 56-58.

Kucheva N.A. (2011) Changes in the brachiopod communities composition of the "Brazhka" section as reflection of the Mid-Carboniferous biotic event (the Middle Urals western slope). *Ezhegodnik-2010.* Tr. IGG UrO RAN. V. 158, 21-26. (In Russian)

Kucheva N.A. (2015) The brachiopod distribution in the boundary Lower and Middle Carboniferous deposits of the Brazhka section (the Middle Urals western slope). *Bul. MOIP, otd. geol.* **90**(2), 35-50. (In Russian)

Kucheva N.A. (2016a) The brachiopod distribution in the boundary Lower and Middle Carboniferous deposits (the Middle Urals eastern slope). *Ezhegodnik-2015.* Tr. IGG UrO RAN. V. 163, 22-30. (In Russian)

Kucheva N.A. (2016b) Facial settings and brachiopod communities at the Early and Middle Carboniferous boundary interval (the Urals eastern slope). *Osadochnye kompleksy Urala i prilegayushchikh regionov i ikh minerageniya. Tez. dokl. 11 Ural'skogo litologicheskogo soveshchaniya* [Sedimentary complexes of the Urals and

adjacent regions and their minerageny. Reports of the 11 Ural lithological meeting]. Ekaterinburg, IGG UB of RAS, 138-140. (In Russian)

Kucheva N.A., Stepanova T.I. (1999) The Stratigraphy of the Smolino area Carboniferous deposits. *Ural'skii geologicheskii zhurnal,* (3), 13-46. (In Russian)

Kucheva N.A., Stepanova T.I. (2010) The Mid-Carboniferous boundary features on the Middle Urals western slope. *Geologiya i neftegazonosnost' severnykh raionov Uralo-Povolzh'ya.* Sbornik materialov Vseros. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 100-letiyu so dnya rozhdeniya prof. P.A. Sofronitskogo [Geology and petroleum potential of the Ural-Volga region northern areas: Proc. All-Russian scientific-practical conf. dedicated to 100th anniversary of prof. P.A. Sofronitskyy birth]. Perm', Perm. State Univ. Publ., 60-63. (In Russian)

Kucheva N.A., Stepanova T.I., Ivanova R.M. (2002) The Serpukhovian-Bashkirian boundary deposits in the "Martyanovo" section. *Putevoditel' geologicheskikh ekskursii po karbonu Urala. Ch. 2. Sredneural'skaya ekskursiya* [Guide to geological excursions on the Carboniferous of the Urals. Pt 2. The Middle-Urals excursion]. Ekaterinburg, IGG UB RAS, 38-50. (In Russian)

Kulagina E.I., Kucheva N.A., Stepanova T.I., Nikolaeva S.V., Konovalova V.A., Richards B.C., Alekseev A.S., Gatovsky Y.A., Gorozhanina E.N. (2015) Bashkirian-biogerms along the Khudolaz River near Sibai, eastern slope of the South Urals, Russia. *XVIII International Congress on the Carboniferous and Permian,* Abstract Volume. Kazan', Federal University, Institute of Geology and Petroleum Technologies, 104.

Kulagina E.I., Pasukhin V.N., Kochetkova N.M., Sinitsina Z.A., Kochetova N.N. (2001) Sections' characteristic features. *Stratotipicheskie i opornye razrezy bashkirskogo yarusa karbona Yuzhnogo Urala* [Stratotype and key sections of the Bashkirian Stage in the Southern Urals]. Ufa, Gilem Publ., 10-54. (In Russian)

Kulagina E.I., Pasukhin V.N., Kochetova N.N., Gibshman N.B., Nikolaeva S.V. (2002) The section of Serpukhovianand Bashkirian Stages deposits on the Bolshoy Kizil river. *Putevoditel' geologicheskikh ekskursii po karbonu Urala. Ch. 1. Yuzhnoural'skaya ekskursiya* [Guide to geological excursions on the Carboniferous of the Urals. Pt 1. The Southern-Urals excursion]. Ekaterinburg, IGG UB of RAS, 49-58. (In Russian)

Kulagina E.I., Pasukhin V.N., Nikolaeva S.V., Kochetova N.N., Zainakaeva G.F., Gibshman N.B., Konovalova V.A. (2009) Serpukhovian and Bashkirian Biogerm facies of the Kizil Formation in the Southern Urals. *Tipovye razrezy karbona Rossii i potentsial'nye global'nye stratotipy. Yuzhnoural'skaya sessia.* Materialy Mezhdunarodnogo polevogo soveshchaniya [Carboniferous Type Sections in Russia and Potential Global Stratotypes. Southern Urals Session. Proceedings of the International Field Meeting]. Ufa, DizainPoligrafServis Publ., 78-96.

Legenda Ural'skoi serii listov Gosgeolkarty 1000/3 (aktualizirovannaya versiya) (2009). Otv. ispolnitel' A.V. Zhdanov [Legend of the State Geological Map Ural series sheets 1000/3 (updated version)]. St.Petersburg, VSEGEI Publ. Elektronnaya versiya. (In Russian)

Lutfullin Ya.L. (1974) Bioherm structures of the Magnitogorsk megasynclinorium central part and their oil-and-gas potential. *Tektonika, litologiya i neftenosnost' Bashkirii. Voprosy geologii vostochnoi okrainy Russkoi platformy i Yuzhnogo Urala* [Tectonics, lithology and oil potential of Bashkiria. Geology issues of the Russian Platform eastern margin and the Southern Urals]. Ufa, IG BFAS SSSR. V. 22, 99-103. (In Russian)

Lutfullin Ya.L. (1975) The geological history of the Magnitogorsk megasinclinorium central part in the Carboniferous. *Stratigrafiya i geologiya karbona Yuzhnogo Urala i vostochnoi okrainy Russkoi platformy* (Materialy VIII Mezhdunarodnomu kongressu po stratigrafii i geologii karbona) [Stratigraphy and Geology of the Carboniferous of the Southern Urals and the Russian Platform eastern margin (Materials for the VIII International Congress on Stratigraphy and Geology of Carboniferous)]. Ufa, BFAN SSSR, 145-154. (In Russian)

Mizens G.A., Kokshina L.V. (2014) Some features of the Moscovian deposits section in the east of the Southern Urals (Magnitogorsk megazone). *Ezhegodnik-2013.* Tr. IGG UrO RAN. V. 161, 86-89. (In Russian)

Nemirovskaya T.I., Alekseev A.S. (1993) The Bashkirian Stage conodonts of the Askyn section (Bashkiria Highlands). *Bul. MOIP, otd. geol.*, **68**(1), 65-86. (In Russian)

Nemkov G.I., Levitskii E.S., Grechishnikova V.A., Gustomesov V.A., Muratov M.V., Tseisler V.M. (1986) *Istoricheskaya geologiya. Uchebnik dlya vuzov* [Historical geology: a textbook for universities]. Moscow, Nedra Publ., 352 p. (In Russian)

Olerskii V.P., Solyanik V.N., Solyanik N.V., Aleksandrov V.A. (1968) Geologicheskaya karta Urala masshtaba 1 : 50 000, list O-41-124-V. Otchet Smolinskogo geologo-s"emochnogo otryada za 1967–1968 gg. T. 1 [Geological map of the Urals, scale 1 : 50 000, sheet O-41-124-B. Report of the Smolinsky geological survey squad for the years 1967–1968. V. 1] Sverdlovsk, FBU "Territorial'nyi fond geologicheskoi informatsii po Ural'skomu federal'nomu okrugu". Inv. № 31326, 131-158. (In Russian, unpublished)

Pazukhin V.N., Nikolaeva S.V., Kulagina E.I. (2012) The Mid-Carboniferous boundary on the Southern Urals and the Pre-Urals. Materialy III Vserossiiskogo soveshchaniya *"Verkhnii paleozoi Rossii: regional'naya stratigrafiya, paleontologiya, geo- i biosobytiya"* [Proc. III All-Russian meeting "Upper Paleozoic of Russia: regional stratigraphy, paleontology, geo- and bioevents"]. St.Petersburg, ВСЕГЕИ Publ. 169-172. (In Russian)

Poletaev V.I. (1975*) Rannekamennougol'nye i bashkirskie gladkie spiriferidy i atiridy Donetskogo basseina* [The Early Carboniferous and Bashkirian smooth spiriferids and athyrids of the Donetsk basin]. Kiev, Naukova dumka, 140 p. (In Russian)

Postoyalko M.V. (1991) About the Mid-Carboniferous boundary on the Middle Urals. *Granitsy biostratigraficheskikh podrazdelenii karbona Urala* [Boundaries of the Ural Carboniferous Biostratigraphic Units]. Sverdlovsk, UB of AN SSSR, 71-92. (In Russian)

Postoyalko M.V., Simonova Z.G., Cherepanova N.A. (1978) Otchet po teme "Detal'noe biostratigraficheskoe raschlenenie srednekamennougol'nykh otlozhenii Srednego i Yuzhnogo Urala" za 1976–1978 gody. T.II. Yuzhnyi Ural [The report "Detailed biostratigraphic subdivision of the Middle Carboniferous deposits on the Middle and Southern Urals" for the years 1976-1978. V. II. Southern Urals]. Sverdlovsk, FBU "Territorial'nyi fond geologicheskoi informatsii po Ural'skomu federal'nomu okrugu". Inv. № 35660. 42-57. (In Russian, unpublished)

Sapurin S.A. (2015) Microbialites in upper units of the Serpukhovian Stage (the Middle Urals eastern slope). *Ezhegodnik-2014*. Tr. IGG UrO RAN. V. 162, 77-81. (In Russian)

Sapurin S.A., Stepanova T.I. (2016) Microbial structures in the Serpukhovian-Bashkirian boundary deposits on the Southern Urals eastern slope (Khudolaz river). *Ezhegodnik-2015*. Tr. IGG UrO RAN. Vyp. 163, 31-36. (In Russian)

Scotese C.R. (2014) Atlas of Permo-Carboniferous Paleogeographic Maps (Mollweide Projection), Maps 53-64. PALEOMAP PaleoAtlas for ArcGIS *The Late Paleozoic*, vol. 4. PALEOMAP Project, Evanston, IL. https://www.academia.edu/16664729/Atlas_of_ Permo-Carboniferous_Paleogeographic_Maps.

Semikhatova S.V. (1964) Brachiopods from key sections of the Bashkirian Highlands Bashkirian Stage. *Fauna paleozoya Volgo-Ural'skoi neftegazonosnoi provintsii* [Paleozoic fauna of the Volga-Ural oil-and-gas bearing area]. Tr. VNIGRI. Vyp. XLIII. Moscow, Nedra Publ., 180-227. (In Russian)

Shcherbakov O.A., Podstanitskaya E.K., Pirozhkova Z.A. (1966) About the subdivisions and sedimentary environments of the Upper Visean and Namurian deposits on the Middle Urals western slope. Voprosy paleogeografii karbona. Nauchnye trudy. Sbornik № XXIII [Carboniferous paleogeography issues. Scientific papers. Collection No. XXIII]. Perm', PPI Publ., 160-172. (In Russian)

Shcherbakova M.V. (1969) Some issues of the Namurian Stage stratigraphy on the Middle Urals western slope. *Geologiya i poleznye iskopaemye karbona Zapadnogo Urala. Sbornik nauchnykh trudov № 38* [Geology and mineral resources of the Western Urals Carboniferous. Collection of scientific papers No. 38]. Perm', PPI Publ., 69-76. (In Russian)

Shcherbakova M.V., Shcherbakov O.A. (2002) Characteristic and correlation of the Lower and Middle Carboniferous boundary deposits in uninterrupted sections of the Western Urals. *Stratigrafiya i paleogeografiya karbona Evrazii* [Stratigraphy and Paleogeography of the Eurasia Carboniferous]. Ekaterinburg, IGG UB of RAS, 307-317. (In Russian)

Sinitsina Z.A. (1975) The Middle and Upper section on Askyn river. *VIII Mezhdunar. Kongress po stratigrafii i geologii karbona. Putevoditel' ekskursii po razrezam karbona Yuzhnogo Urala (Bashkiriya)* [VIII Intern. congress on Carboniferous stratigraphy and geology. A guide to excursion on Carboniferous sections of the Southern Urals (Bashkiria)]. Moscow, Nauka Publ., 52-72. (In Russian)

Sinitsina Z.A., Kulagina E.I., Pasukhin V.N., Kochetkova N.M. (1995) "Askyn" section. *Putevoditel' geologicheskoi ekskursii po razrezam paleozoya i verkhnego do kembriya zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala i Priural'ya* [Guide to the geological excursion on Paleozoic and Upper Precambrian sections on the western slope of the Southern Urals and Pre-Urals]. Ufa, IG UNTs RAS, 111-128. (In Russian)

Sinitsina Z.A., Kulagina E.I., Pasukhin V.N. (2002) The Bashkirian Stage section on Askyn river. *Putevoditel' geologicheskikh ekskursii po karbonu Urala. Ch. 1. Yuzhnoural'skaya ekskursiya* [Guide to geological excursions on the Carboniferous of the Urals. Pt 1. The Southern-Urals excursion]. Ekaterinburg, IGG UB of RAS, 7-17. (In Russian)

Stepanova T.I. (2014) Dependence of the foraminifera complexes composition on microfacies by example of the Upper Serpukhovian deposits in the "Brazhka" section. *Ezhegodnik-2013*. Tr. IGG UrO RAN. V. 161, 112-119. (In Russian)

Stepanova T.I. (2018) Foraminifera of the Lower and Middle Carboniferous boundary deposits in the Brazhka section (western slope of the Middle Urals). *Bul. MOIP*, **93**(4), 31-53. (In Russian)

Stepanova T.I., Kucheva N.A. (2006) The Khudolaz section is a stratotype of the regional Substages of the eastern Urals Lower Carboniferous subregional scheme. *Litosfera*, (1), 45-75. (In Russian)

Stepanova T.I., Kucheva N.A. (2009) Palaeontological substantiation of the horizons of the Serpukhovian stage of the Eastern-Uralian Subregion in the Stratotype section on the Khudolaz river. *Tipovye razrezy karbona Rossii i potentsial'nye global'nye stratotipy. Yuzhnoural'skaya sessiya. Materialy Mezhdunarodnogo polevogo soveshchaniya* [Carboniferous Type Sections in Russia and Potential Global Stratotypes. Southern Urals Session. Proc. International Field Meeting.] Ufa, DizainPoligrafServis Publ., 97-128. (In Russian)

Stepanova T.I., Kucheva N.A., Shkolin A.A. (2001) New data on stratigraphy and ammonoids of the Upper Serpukhovian deposits on Iset river. *Evolyutsiya zhizni na Zemle.* Materialy II Mezhdunarodnogo simpoziuma [Evolution of life on the Earth. Proceedings of the II International Symposium]. Tomsk, Tomsk St. Univ. Publ., 233-236. (In Russian)

Stratigraficheskie skhemy Urala (dokembrii, paleozoi) (1993) [Stratigraphic schemes of the Urals (Precambrian, Paleozoic)]. Ekaterinburg, IGG UB RAS, Roskomnedra Publ. (In Russian)

Treatises on Invertebrate Paleontology. Part H. Brachiopoda. Revised. Geol. Soc. Amer., Inc., Univ. Kansas. Boulder (Colorado); Lawrence (Kansas), 2000. V. 2, 3. P. 216-252, 350-919; 2002. V. 4. P. 1132-1133, 1496-1601; 2006. V. 5. P. 1747-1910.