

УДК 551.734.5

DOI: 10.24930/1681-9004-2021-21-6-805-828

Проявление позднефаменского события Dasberg в области перехода от шельфа к батииали (разрезы Пай-Хоя)

Д. А. Груздев, Д. Б. Соболев, А. Н. Плотицын, А. В. Журавлев

Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 167982, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, 54, e-mail: dag79@yandex.ru

Поступила в редакцию 10.12.2020 г., принята к печати 19.03.2021 г.

Объект исследования. В статье рассматриваются региональные проявления в шельфовых и батииальных разрезах Пай-Хоя эвстатического события Dasberg, приуроченного к интервалу зон Lower–Middle *expansa* фаменского яруса верхнего девона. В задачи исследования входила оценка проявлений этого события в области перехода от мелководно-отмельных отложений Пай-Хойского карбонатного паравтохтона к глубоководным (батииальным) разрезам Карского сланцевого аллохтона. **Материалы и методы.** В качестве основы исследования выступает серия разнофациальных разрезов верхнего фамена, расположенных в разных частях Пай-Хоя: на р. Силова-Яха и руч. Тальбейшор (юго-западный Пай-Хой), реках Лымбадьяха и Песчаная (северный Пай-Хой). Фациальная интерпретация и реконструкция трансгрессивно-регрессивных последовательностей основаны на разработанных ранее седиментационных моделях отмельной и батииальной зон. В качестве стратиграфической основы использованы данные по конодонтам, а также выявленные максимумы трансгрессий и особенности изотопной записи карбонатного углерода. **Результаты.** В пайхойских разрезах в интервале зон Lower–Middle *expansa* установлены четыре трансгрессивно-регрессивных последовательности. Максимум третьей, наиболее высокоамплитудной, трансгрессии отвечает эвстатическому событию Dasberg. В рассматриваемом регионе данное событие не сопровождается признаками бескислородных условий. Изотопно-геохимические данные по разрезу р. Силова-Яха демонстрируют наличие в изотопной записи углерода структуры, аналогичной полученной ранее для североамериканских разрезов. Вероятной причиной вариации $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ в этом интервале являются изменения климата и глобальной океанической циркуляции. **Выводы.** Стратиграфический интервал Lower–Middle *expansa* или Lower–Upper *expansa* (*expansa* s. l.) опознается по конодонтам в разрезах Пай-Хоя в различных фациях. Его более детальное расчленение и достоверная корреляция в этом регионе возможны на базе прослеживания проявлений эвстатического события Dasberg: характерной трансгрессивно-регрессивной последовательности и вариаций изотопного состава карбонатного углерода.

Ключевые слова: событие Dasberg, фаменский ярус, верхний девон, конодонты, остракоды, Пай-Хой

Manifestation of the Late Famennian Dasberg Event in the shelf-bathyal transition (Pai-Khoi sequences)

Denis A. Gruzdev, Dmitrii B. Sobolev, Artem N. Plotitsyn, Andrei V. Zhuravlev

N.P. Yushkin Institute of Geology Komi SC UB RAS, 54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar 167982, Russia, e-mail: dag79@yandex.ru

Received 10.12.2020, accepted 19.03.2021 г.

Research subject. Regional manifestations of the Dasberg eustatic event in the shelf and bathyal Pai-Khoi successions. The event appears in the Lower-Middle *expansa* zones interval (Upper Devonian, Famennian). **Aim.** To evaluate the manifestations of the event in the realm of transition from the shallow-water shoal succession of the Pai-Khoi carbonate parautochthone towards the deep-water (bathyal) successions of the Kara shale allochthone. **Materials and methods.** A number of successions comprising different facies and located in different parts of Pai-Khoi were studied: the Silova-Yakha River section and Tal'beyshor Creek section (south-western Pai-Khoi), the Lymbad'yakha section and the Peschanaya River section (northern Pai-Khoi). The interpretation of facies and the reconstruction of transgression-regression couplets were conducted based on the previously developed models of shoal and bathyal sedimentation. The stratigraphic framework comprised data on conodonts, transgression acmes, and carbonate carbon isotopic record. **Results.** The Pai-Khoi successions comprising Lower–Middle *expansa* zones demonstrate four transgression-regression cycles. The transgression acme of the third

Для цитирования: Груздев Д.А., Соболев Д.Б., Плотицын А.Н., Журавлев А.В. (2021) Проявление позднефаменского события Dasberg в области перехода от шельфа к батииали (разрезы Пай-Хоя). *Литосфера*, 21(6), 805-828. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2021-21-6-805-828>

For citation: Gruzdev D.A., Sobolev D.B., Plotitsyn A.N., Zhuravlev A.V. (2021) Manifestation of the Late Famennian Dasberg Event in the shelf-bathyal transition (Pai-Khoi sequences). *Lithosphere (Russia)*, 21(6), 805-828. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2021-21-6-805-828>

© Д.А. Груздев, Д.Б. Соболев, А.Н. Плотицын, А.В. Журавлев, 2021

cycle marks the Dasberg eustatic event. The absence of anoxia is characteristic of this event in the region under consideration. The carbonate carbon isotope record of the Silova-Yakha River section shows a structure similar to that of North American successions. Variations in $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ were likely to be caused by climate changes and perturbations of the global oceanic circulation. *Conclusions.* The stratigraphic interval comprising Lower–Middle *expansa* or Lower–Upper *expansa* (*expansa* s. l.) zones is detected clearly in different facies. A more detailed subdivision and correlation in the region under consideration is possible on the basis of evaluating manifestations of the Dasberg eustatic event: a characteristic eustatic succession and variations of the carbonate carbon isotopic composition.

Keywords: *Dasberg Event, Famennian, Late Devonian, conodonts, ostracodes, Pai-Khoi*

ВВЕДЕНИЕ

Глобальным событиям различной природы в девонской системе посвящено много исследований (Walliser, 1996; Sandberg et al., 2002; Qie et al., 2019; и др.). Как правило, их характеристика приводится в двух аспектах – биотическом и абиотическом. При этом делаются попытки увязать различные проявления события между собой и реконструировать причины, вызвавшие резкие изменения в ландшафтах и биоте. Большая часть таких исследований проводилась в области палеошельфа. Проявлениям событий в глубоководных областях (области континентального склона) посвящено гораздо меньше исследований. В этом плане относительно хорошо изучены силурийские события, многие из которых связываются с изменениями в океанической циркуляции вследствие климатических перестроек (Jeppsson, 1990; Johnson, 2006; Calner, 2008). Из девонских с подобной детальностью исследованы уровни, отвечающие таким событиям первого порядка, как Kellwasser (самые верхи франского яруса) и Hangenberg (самые верхи фаменского яруса) (Algeo et al., 1995; Walliser, 1996; Smith, Bustin, 2000; Kaiser et al., 2009, 2011, 2015; Carmichael et al., 2014; Kump et al., 2015; Becker et al., 2016; Piszarska et al., 2020; и др.). При этом событиям более низкого порядка уделяется гораздо меньше внимания. Например, в пределах стратиграфического интервала между событиями Kellwasser и Hangenberg выделяется ряд событий более низких порядков: Nehden (интервал зон Middle–Uppermost *crepida*), Condroz (зона Lower *rhomboidea*), Enkeberg (зона Lower *marginifera*), Annulata (зона Upper *trachytera*) и Dasberg (зона Lower *expansa*) (Becker et al., 2004).

Одним из недостаточно изученных событий фамена представляется событие Dasberg. Впервые оно было охарактеризовано Т. Бекером как отвечающее значительным изменениям в таксономическом составе аммоноидей (Becker, 1993): радиации некоторых аммоноидей, приведшей к возникновению ряда клименид (*Costaclymenia* Schindewolf, *Sellaclymenia* Hyatt, *Nanoclymenia* Korn и др.) и гониатид (некоторых Posttornoceratidae, Prionoceratidae и др.) (Hartenfels, Becker, 2009). Оно приурочено к нижней части Dasberg–Stufen, сопоставляе-

мого с интервалом от верхней части конодонтовой зоны Lower *expansa* до средней части зоны Upper *expansa*. По данным Ч. Сандберга с соавторами, влияние события на планктонно-нектонную биоту в целом (в том числе конодонтов) выразилось в увеличении таксономического разнообразия и, вероятно, биомассы как таковой (Sandberg et al., 2002). Построенный на основе глобальной базы данных график динамики разнообразия конодонтов демонстрирует существенное повышение количества видов в фазе ранняя *expansa* (соответствует зоне Lower *expansa*) и значительное преобладание числа появившихся видов над числом вымерших (Журавлев, 2019). Основной прирост разнообразия связан с появлением новых видов полигнатид (*Polygnathus* Hinde, *Pseudopolygnathus* Branson et Mehl) и спатогнатид (*Bispathodus* Müller и *Branmehla* Hass).

На шельфах событие Dasberg связывается с трансгрессией, сопровождавшейся аноксией (начало цикла Pf (Johnson et al., 1985); событие 16 (Sandberg et al., 2002); начало цикла fm4 (Журавлев, 2012a)). В некоторых шельфовых осадочных последовательностях Лавруссии событию отвечает пачка “черных сланцев” – высокоуглеродистых карбонатно-глинистых пород темно-серого и черного цвета, что обусловлено развитием аноксии (Sandberg et al., 2002). По данным этих авторов, событие связано с межледниковым эпизодом, вызвавшим потепление, гляциоэвстатическую трансгрессию и сопутствующие изменения в бентосных сообществах. Вариации $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ в интервале, включающем событие Dasberg, по мнению К. Стока и Ч. Сандберга (Stock, Sandberg, 2019), вызваны изменениями климата и глобальной океанической циркуляции.

Исследование С. Хартенфельса и Т. Бекера (Hartenfels, Becker, 2009) показало, что под событием Dasberg понимается последовательность седиментационных (две высокоамплитудные трансгрессии) и фаунистических изменений в промежутке от верхней части зоны *Bispathodus stabilis* до основания *Bisp. aculeatus aculeatus* (сопоставимо с верхами зоны Lower *expansa* и низами зоны Middle *expansa*). Для этой последовательности предложено использование термина “кризис” (Dasberg Crisis). Поскольку причинно-следственная связь эвстати-

ческих изменений и биотических преобразований в некоторых группах организмов не всегда очевидна и не носит событийного характера (Hartenfels, Becker, 2009), следует различать эвстатическое событие Dasberg (гляциоэвстатическая трансгрессия и изменение океанической циркуляции) и, возможно, спровоцированный им кризис Dasberg в морской биоте. Поскольку в настоящей статье в качестве события рассматривается наиболее высокоамплитудная трансгрессия в интервале Lower–Middle *expansa*, то авторы считают целесообразным сохранение названия событие Dasberg или эвстатическое событие Dasberg. Учитывая предполагаемую гляциоэвстатическую природу этой трансгрессии, ее проявления в разрезах всего мира можно считать изохронными. Указанная С. Хартенфельсом и Т. Бекером (Hartenfels, Becker, 2009) биостратиграфическая “диахронность” события Dasberg, скорее, обусловлена невысокой точностью биостратиграфического метода как такового (несоответствие первой/последней находки первому появлению/вымиранию; фациальный и палеогеографический контроль распределения органических остатков).

Важно отметить, что на территории Пай-Хоя исследования проявлений фаменских событий ранее не проводились. На северо-востоке европейской части России в целом событие Dasberg ранее изучалось лишь на Приполярном Урале в пределах достаточно узкой фациальной зоны (отложения центральных частей впадин на шельфе) (Плотицын, 2016). Ввиду слабой литологической, палеонтологической и геохимической проявленности данного события в пределах этого фациального пояса автором были сделаны выводы о его низком корреляционном потенциале в глубоководно-шельфовых фациях относительно событий более высокого порядка (события Hangenberg и Mid-Tournaisian (= события Lower Alum Shale)) (Плотицын, 2016).

Данная работа призвана частично восполнить пробел в исследованиях девонских событий за счет анализа проявлений эвстатического события Dasberg в шельфовых и батииальных отложениях на примере разрезов Пай-Хоя (рис. 1). В задачи исследования входила оценка проявлений этого события в области перехода от мелководно-отмельных отложений Пай-Хойского карбонатного паравтохтона к глубоководным разрезам Карского сланцевого аллохтона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве основы настоящего исследования выступает серия разнофациальных разрезов верхнего фамена, расположенных в различных частях Пай-Хоя (см. рис. 1).

Мелководно-шельфовые (изолированная карбонатная платформа) отложения вскрываются в пределах севера Пай-Хойского карбонатного па-



Рис. 1. Схема расположения изученных разрезов.

1 – изученные разрезы, 2 – населенные пункты.

Fig. 1. Locality map of the studied sections.

1 – studied sections, 2 – towns.

равтохтона и представлены средней частью лымбадьяхинской свиты (D_3-C_1lb) (Журавлев и др., 2015). Разрез, вскрывающий относительно глубоководные отложения фронтального склона изолированной карбонатной платформы, был изучен в бассейне р. Силова-Яха, в правом борту долины безымянного ручья (правый приток р. Силова-Яха в 2 км выше устья р. Буреданью) и представлен нижней частью сибирчатояхинской толщи (D_3-C_1sb). Глубоководный (батииальный) тип разреза был исследован в бассейне р. Песчаная (СВ Пай-Хой, район пос. Амдерма). Здесь верхний девон представлен нижней частью силояхинской свиты (D_3-C_1sl). Промежуточное положение занимает кремнисто-карбонатный разрез, охватывающий часть ховратывисской толщи (D_3ht), вскрытый в долине руч. Тальбейшор (юго-восточный Пай-Хой). Основу биостратиграфических построений составили данные по конодонтам. Характерные таксоны представлены на рис. 2.

В разделе “Результаты исследования” приводится палеонтолого-литологическая характеристика

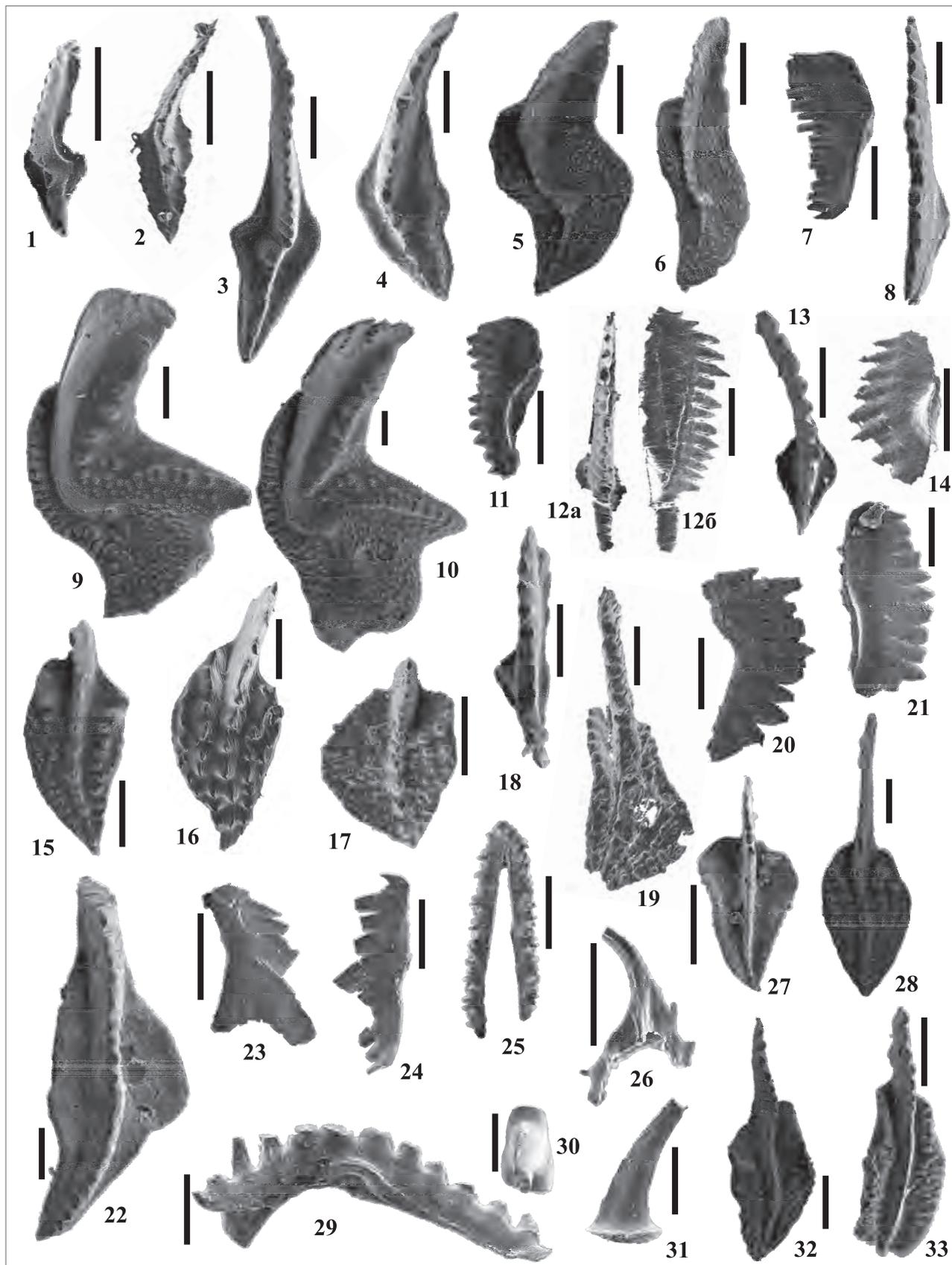


Рис. 2. Характерные конодонты разрезов рек Силова-Яха (маркировка проб SI) и Песчаная (маркировка проб 2088).

1 – *Palmatolepis gracilis sigmoidalis* Ziegler, колл. № 512/5-16, проба SI-24; 2 – *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson et Mehl, колл. № 508/8, проба 2088/13; 3 – *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson et Mehl, колл. № 512/5-4, проба SI-23; 4 – *Palmatolepis gracilis expansa* Sandberg et Ziegler, колл. № 512/5-1, проба SI-53; 5 – *Palmatolepis postera* Ziegler, колл. № 512/5-7, проба SI-23; 6 – *Palmatolepis glabra* Ulrich et Bassler, колл. № 512/5-19, проба SI-20 (переотложенный элемент); 7 – *Mehlina strigosa* (Branson et Mehl), колл. № 512/5-6, проба SI-23; 8 – *Branmehla* aff. *suprema* (Ziegler), колл. № 512/5-17, проба SI-41; 9 – *Palmatolepis rugosa ampla* Muller, колл. № 512/5-3, проба SI-23; 10 – *Palmatolepis rugosa ampla* Muller, колл. № 512/5-29, проба SI-23; 11 – *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl), колл. № 512/5-2, проба SI-23; 12 – *Branmehla bohlenana* (Helms), колл. № 508, проба 2088/3; 13 – *Branmehla inornata* (Branson et Mehl), колл. № 512/5-30, проба SI-23; 14 – *Branmehla inornata* (Branson et Mehl), колл. № 508/10, проба 2088/8; 15 – *Polygnathus granulosus* Branson et Mehl, колл. № 512/5-8, проба SI-41; 16 – *Polygnathus granulosus* Branson et Mehl, колл. № 508/9, проба 2088/13; 17 – *Polygnathus styriacus* Ziegler, колл. № 512/5-12, проба SI-38; 18 – *Bispathodus stabilis* aff. *zizensis* Hartenfels, колл. № 512/5-15, проба SI-24; 19 – *Polygnathus extralobatus* Schafer, колл. № 508/11, проба 2088/16; 20 – *Hindeodus albus* Deulin, колл. № 512/5-31, проба 2726/2; 21 – *Branmehla weneri* (Ziegler), колл. № 512/5-20, проба SI-23; 22 – *Pseudopolygnathus micropunctatus* Bishoff et Ziegler, колл. № 512/5-13, проба SI-24; 23 – *Francodina* cf. *franconica* (Schanemmann), колл. № 512/5-28, проба SI-19; 24 – *Pluckidina purnelli* Dzik, колл. № 512/5-22, проба SI-25; 25 – *Apatognathus varians* Branson et Mehl, колл. № 512/5-23, проба SI-18; 26 – *Uncadina uncadinoides* (Dzik), колл. № 512/5-25, проба SI-18; 27 – *Polygnathus marginvolutus* Gedik, колл. № 512/5-11, проба SI-20; 28 – *Polygnathus* sp. A, колл. № 512/5-10, проба SI-28; 29 – *Planodina plana* (Helms), колл. № 512/5-24, проба SI-18; 30 – *Jablonnodus oistodiformis* Dzik, колл. № 512/5-21, проба SI-25; 31 – *Jablonnodus erectus* Dzik, колл. № 512/5-27, проба SI-19; 32 – *Polygnathus* sp. B, колл. № 512/5-9, проба SI-41; 33 – *Polygnathus* sp. C, колл. № 512/5-5, проба SI-23. Длина мерной линейки 0.2 мм.

Fig. 2. Characteristic conodonts from the Silova-Yakha River section (samples' prefix SI) and the Peschanaya River section (samples' prefix 2088).

1 – *Palmatolepis gracilis sigmoidalis* Ziegler, specimen No. 512/5-16, sample SI-24; 2 – *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson et Mehl, specimen No. 508/8, sample 2088/13; 3 – *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson et Mehl, specimen No. 512/5-4, sample SI-23; 4 – *Palmatolepis gracilis expansa* Sandberg et Ziegler, specimen No. 512/5-1, sample SI-53; 5 – *Palmatolepis postera* Ziegler, specimen No. 512/5-7, sample SI-23; 6 – *Palmatolepis glabra* Ulrich et Bassler, specimen No. 512/5-19, sample SI-20 (переотложенный элемент); 7 – *Mehlina strigosa* (Branson et Mehl), specimen No. 512/5-6, sample SI-23; 8 – *Branmehla* aff. *suprema* (Ziegler), specimen No. 512/5-17, sample SI-41; 9 – *Palmatolepis rugosa ampla* Muller, specimen No. 512/5-3, sample SI-23; 10 – *Palmatolepis rugosa ampla* Muller, specimen No. 512/5-29, sample SI-23; 11 – *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl), specimen No. 512/5-2, sample SI-23; 12 – *Branmehla bohlenana* (Helms), specimen No. 508, sample 2088/3; 13 – *Branmehla inornata* (Branson et Mehl), specimen No. 512/5-30, sample SI-23; 14 – *Branmehla inornata* (Branson et Mehl), specimen No. 508/10, sample 2088/8; 15 – *Polygnathus granulosus* Branson et Mehl, specimen No. 512/5-8, sample SI-41; 16 – *Polygnathus granulosus* Branson et Mehl, specimen No. 508/9, sample 2088/13; 17 – *Polygnathus styriacus* Ziegler, specimen No. 512/5-12, sample SI-38; 18 – *Bispathodus stabilis* aff. *zizensis* Hartenfels, specimen No. 512/5-15, sample SI-24; 19 – *Polygnathus extralobatus* Schafer, specimen No. 508/11, sample 2088/16; 20 – *Hindeodus albus* Deulin, specimen No. 512/5-31, sample 2726/2; 21 – *Branmehla weneri* (Ziegler), specimen No. 512/5-20, sample SI-23; 22 – *Pseudopolygnathus micropunctatus* Bishoff et Ziegler, specimen No. 512/5-13, sample SI-24; 23 – *Francodina* cf. *franconica* (Schanemmann), specimen No. 512/5-28, sample SI-19; 24 – *Pluckidina purnelli* Dzik, specimen No. 512/5-22, sample SI-25; 25 – *Apatognathus varians* Branson et Mehl, specimen No. 512/5-23, sample SI-18; 26 – *Uncadina uncadinoides* (Dzik), specimen No. 512/5-25, sample SI-18; 27 – *Polygnathus marginvolutus* Gedik, specimen No. 512/5-11, sample SI-20; 28 – *Polygnathus* sp. A, specimen No. 512/5-10, sample SI-28; 29 – *Planodina plana* (Helms), specimen No. 512/5-24, sample SI-18; 30 – *Jablonnodus oistodiformis* Dzik, specimen No. 512/5-21, sample SI-25; 31 – *Jablonnodus erectus* Dzik, specimen No. 512/5-27, sample SI-19; 32 – *Polygnathus* sp. B, specimen No. 512/5-9, sample SI-41; 33 – *Polygnathus* sp. C, specimen No. 512/5-5, sample SI-23. Scale bar 0.2 mm.

каждого из указанных разрезов. Выделенным в разрезах литологическим комплексам присвоен фациальный (литологический) тип. Для фациальной интерпретации использовалась авторская седиментационная модель (рис. 3).

Интерпретация отмельного разреза базируется на модифицированной модели мелководной карбонатной седиментации М.Л. Ирвина (Irwin, 1965; Zaton et al., 2014). По текстурно-структурным характеристикам отложений выделяется следующий ряд фациальных типов.

УВ – доломиты известковистые, серые, тонкодетритовые с волнисто-комковатой текстурой. Тонкие (первые сантиметры) намывы мелкого до среднего детрита. Резкие границы. Единичные микробально-водорослевые и строматопоровые желваки размером 2–5 см. Формирование отложений происходило в условиях подвижного мелководья края отмели, где за счет волнового воздействия

на дне шло образование мелких аккумулятивных форм (знаков ряби).

УС – доломиты известковые и известняки доломитовые, серые, тонко-мелкодетритовые, с водорослевыми желваками, волнисто-комковатой текстурой и прослоями пелит-тонкодетритового доломита. Формирование отложений происходило в условиях интенсивного воздействия волн на дно, приводивших к образованию крупных аккумулятивных форм (подводных валов).

ЗВ – известняки доломитистые, серые, до темно-серых, пелитоморфные, с рассеянным мелким и тонким детритом. Текстура пологоволнистая, до субпараллельной, местами комковатая. Отмечаются гнездовидно-рассеянные скопления мелкого детрита, отдельных раковин брахиопод и микробально-водорослевых желваков. Встречаются единичные крупные раковины гастропод. Отложения формировались в условиях слабоподвиж-

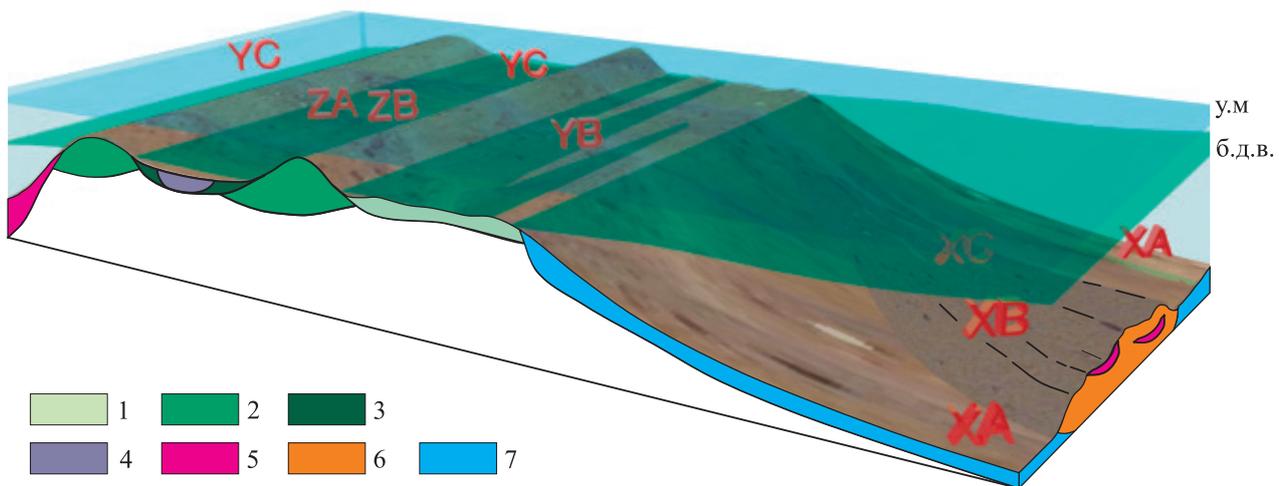


Рис. 3. Седиментационная модель.

1–4 – седиментационная система отмели: 1 – зона подвижного мелководья с мелкими аккумулятивными формами (YB), 2 – зона формирования подводных валов (YC), 3 – зона слабоподвижного закрытого мелководья (ZB), 4 – тиховодная зона закрытого мелководья (ZA); 5, 6 – седиментационная система конусов выноса плотностных потоков: 5 – проксимальные карбонатные турбидиты (XC), 6 – дистальные карбонатные турбидиты (XB); 7 – седиментационная система пелагического осадконакопления: фоновые глинистые и глинисто-карбонатные отложения (XA). Сокращения: у.м. – уровень моря, б.д.в. – база действия волн.

Fig. 3. Model of sedimentation.

1–4 – sedimentation system of shoal: 1 – belt of agitated water with small accumulative forms (YB), 2 – belt of bars (YC), 3 – restricted belt of moderately agitated water (ZB), 4 – restricted belt of quiet water (ZA); 5, 6 – sedimentation system of density flow fans: 5 – proximal calciturbidites, 6 – distal calciturbidites; 7 – pelagic sedimentation system, pelagic clayey, siliceous, and carbonate deposits (XA). Abbreviations: у.м. – sea level, б.д.в. – wave base.

ного закрытого мелководья со слабой сортировкой форменных элементов волнами.

ZA – известняки доломитистые, от светло-серых до серых, пелитоморфные, субпараллельно-слоистые. Формирование отложений происходило в условиях тиховодной зоны закрытого мелководья центральной части отмели.

Для фациальной характеристики глубоководных разрезов использована предложенная ранее литолого-генетическая типизация (Еременко, Журавлев, 2013). В разрезах на реках Силова-Яха, Тальбейшор и Песчаная выделяются следующие фациальные типы.

XA – пелагические осадки. Силициты, глинистые силициты, карбонатные силициты, микроволнисто-слоистые, с радиоляриями и редкими кремнистыми спикулами. Аргиллиты кремнистые, известняки пелитоморфные, сильно кремнистые, субпараллельно микрослоистые, с редкими радиоляриями и кремнистыми спикулами, часто с микровкрапленностью сульфидов.

XB – дистальные карбонатные турбидиты. Известняки от мелко- до среднетритовых, литобластические с волнистой или однонаправленной косослоистой текстурой, часто кремнистые, содержат микровкрапленность сульфидов. Биокласты представлены разрушенными остатка-

ми мелководно-морских организмов. Литокласты сложены преимущественно известняком, плохо окатаны.

XC – проксимальные карбонатные турбидиты. Известняки от тонко-крупнодетритовых до валунного конгломерата, литобластические с волнистой или однонаправленной косослоистой текстурой. В различной степени глинистые и кремнистые известняки содержат микровкрапленность сульфидов. Органогенный детрит часто представлен разрушенными остатками мелководно-морских организмов. Литокласты сложены преимущественно известняком, плохо окатаны.

Для разреза р. Силова-Яха в качестве дополнительного материала при фациальном анализе использовались результаты изучения распределения и сохранности раковинного материала остракод и другого органогенного детрита в шлифах. По толщине стенок раковины остракоды разделялись на две группы: тонкостенные (до 0.06 мм) и толстостенные (более 0.06 мм). Кроме того, учитывалась разрозненность створок. Предполагается, что тонкостенные раковины характерны для обитателей глубоководья, а толстостенные – для относительно мелководных форм, которые встречаются в рассматриваемых отложениях в качестве аллохтонной составляющей комплексов.

Присутствие наряду с глубоководными формами мелководных остракод интерпретируется как свидетельство поступления на регрессиях материала с относительного мелководья. При этом в аллохтонных комплексах доля разрозненных створок увеличивается. Такие признаки наблюдаются в слоевых последовательностях разреза р. Силова-Яха, интерпретируемых как проксимальные карбонатные турбидиты (фациальный тип ХС).

Для получения достоверных результатов оценки уровня таксономического разнообразия конодонтов подсчет количества таксонов производился для каждой пробы индивидуально, с учетом состава комплекса конодонтов и литологических особенностей вмещающих пород. Если отдельно взятая проба содержит в комплексе конодонтов таксоны, часть которых определена до рода, вторая – до вида, а третья – до подвида (например, *Palmatolepis* sp., *Palmatolepis gracilis* ssp., *Palmatolepis gracilis gracilis*), то в анализ включались только те формы, которые удалось диагностировать до наиболее низкого ранга. Близкие или родственные вид и форма (например, *Palmatolepis gracilis* и *Palmatolepis* aff. *gracilis*), при сонахождении в комплексе одной пробы рассматривались в качестве двух разных таксонов. Вид и похожую форму (например, *Palmatolepis gracilis* и *Palmatolepis* cf. *gracilis*) анализировали как один таксон. Кроме того, исключались данные о формах, характерных для более древних относительно возраста вмещающих отложений стратиграфических интервалов. При этом появление в пробах аллохтонной микрофауны объяснялось перетолжением.

Изотопный состав углерода карбонатов изучался только в разрезе на р. Силова-Яха. Определение изотопного состава углерода производилось по пробам карбонатов, которые извлекались из образцов стальным микробуром. Исследования осуществлялись в ЦКП “Геонаука” (ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар; аналитик И.В. Смолева) на масс-спектрометре DELTA V Advantage с линией пробоподготовки Gas Bench II, изотопные соотношения вычислялись относительно стандарта PDB. Ошибка определения составляла 0.04‰.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Характеристика разрезов

Сводный разрез лымбадьяхинской свиты

Интервал разреза, включающий в себя следы события Dasberg, сложен следующей слоевой последовательностью (пачки 3 и 4 лымбадьяхинской свиты (Журавлев и др., 2015), стратиграфическая последовательность нормальная (рис. 4).

Слой 1. Доломиты известковистые, серые до темно-серых, тонкодетритовые с неотчетливой

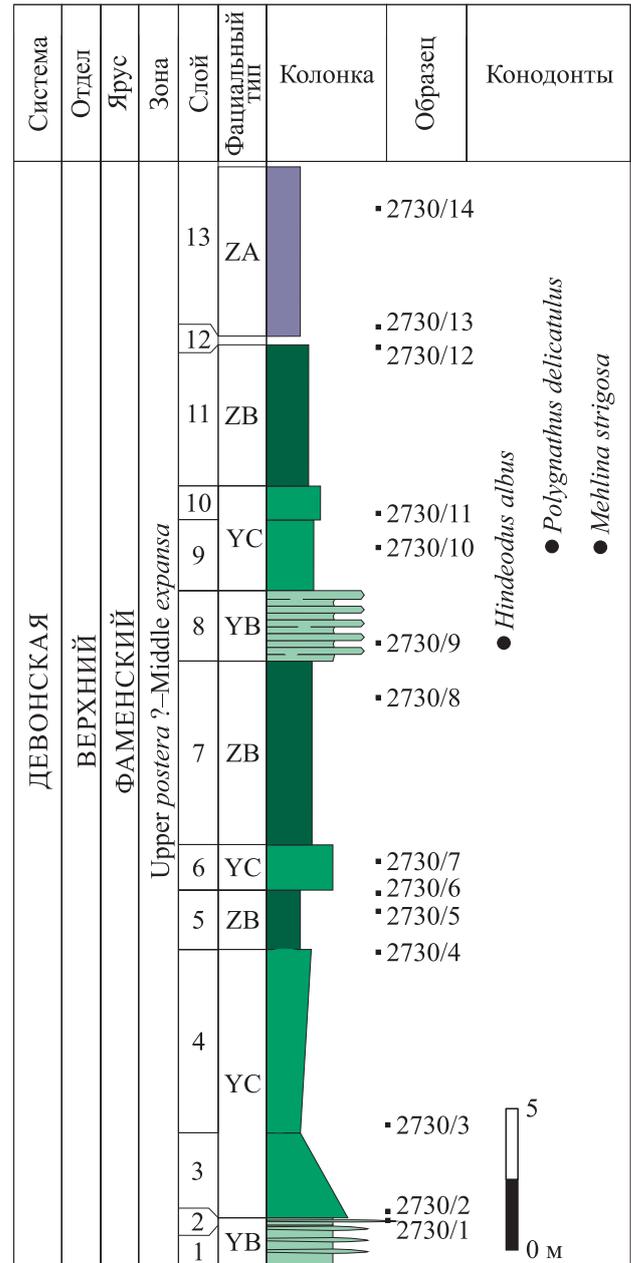


Рис. 4. Сводный разрез лымбадьяхинской свиты.

Fig. 4. Log of the Lymbada Formation.

волнистой слойчатостью, неравномерно распределенной кремнистостью и линзовидно-рассеянным распределением мелкого детрита. Единичные выделения белого кальцита. Мощность 1.5 м. Фациальный тип YB.

Слой 2. Доломиты известковистые, серые, тонкодетритовые с волнисто-комковатой текстурой. Тонкие (первые сантиметры) намывы от мелкого до среднего детрита с резкими границами. Единичные округлые выделения белого кальцита до 3 см. Редкие водорослевые и строматопоровые желваки

до 5 см, разрозненные створки брахиопод. Мощность 0.2 м. Фациальный тип УВ.

Слой 3. Доломит известковый, серый, тонко-мелкодетритовый с волнисто-комковатой текстурой, с прослоями пелитового-тонкодетритового доломита (до 0.2 м), с водорослевыми желваками. Вверх по слою доломит становится пелитоморфным и сильно известковым, до известняка. Единичные округлые выделения белого кальцита (2–3 см). Бугристый контакт. Мощность 3 м. Фациальный тип УС.

Слой 4. Известняк, серый, доломитистый, пелитоморфный, до пелит-тонкодетритового, с рассеянным тонким и мелким детритом, подчеркивающим пологоволнистую слойчатость. Тонкие (10–15 см) намывы створок брахиопод, ориентированные по напластованию в пелит-тонкодетритовом матриксе через 10–15 см, границы нечеткие. В нижней части отмечены два горизонта с кремнистыми стяжениями черного цвета, 2–3 см по мощности. Единичные округлые выделения белого кальцита (2–3 см). В 2 м от подошвы – массивные колонии (до 0.2 м) и корки строматопороидей. В прикровельной части количество брахиопод и строматопороидей увеличивается. Бугристый контакт. Мощность 6 м. Фациальный тип УС.

Слой 5. Известняки доломитистые, серые, до темно-серых, пелитоморфные с рассеянным мелким и тонким детритом. Распределение доломитистости намечает комковатую текстуру. Гнездовидно-рассеянные скопления мелкого детрита, отдельных раковин брахиопод и водорослевых желваков (1–2 см). Единичные крупные гастроподы. Послойно упорядоченные округлые выделения белого кальцита (3–5 см), местами серого цвета с сульфидами. Мощность 2.1 м. Фациальный тип ЗВ.

Слой 6. Известняки доломитовые, серые, тонкодетритовые с “узурчатой” текстурой, намеченной распределением доломита и кремнистости. Реликты пологоволнистой слойчатости. Отдельные горизонты с микробиально-водорослевыми желваками и корками (до 10–20 см). Бугристый контакт. Мощность 1.6 м. Фациальный тип УС.

Слой 7. Известняки серые, доломитовые, кремнистые с “узурчатой” текстурой, с многочисленными линзовидно-рассеянно распределенными водорослевыми желваками. Многочисленные округлые выделения белого и серого кальцита от 1 до 10–30 см. Размер кальцитовых выделений возрастает вверх по слою. Окременные органические остатки (желваки, одиночные ругозы). Мощность 6.5 м. Фациальный тип ЗВ.

Слой 8. Известняки доломитистые, серые, образующие неотчетливое чередование тонко- и мелкодетритовых разностей (масштаб чередования 0.2–0.5 м). Текстура волнистая, до комковатой, из-за распределения доломитистости. Редкие округлые включения белого кальцита до 1–2 см. В ниж-

ней части определены конодонты *Hindeodus albus* (Deulin) верхнего фамена. Мощность 2.5 м. Фациальный тип УВ.

Слой 9. Известняки доломитовые, от серых до темно-серых, тонкодетритовые-пелитоморфные, пологоволнисто-слойчатые за счет распределения детрита и доломита; местами встречается вторичная комковатая текстура из-за распределения доломита; корки и желваки водорослей и строматопороидей, отдельные остатки гастропод, брахиопод. Окременение по органическим остаткам. В нижней части определены конодонты зоны *expansa*: *Polygnathus delicatulus* Ulrich et Bassler, *Mehlina strigosa* (Branson et Mehl). Мощность 2.5 м. Фациальный тип УС.

Слой 10. Известняки доломитистые, от светло-серых до серых, тонкодетритовые в пелитоморфном матриксе, пологоволнисто-микрослойчатые. Бугристый контакт. Мощность 1.2 м. Фациальный тип УС.

Слой 11. Известняки доломитовые, серые, тонкодетритово-пелитоморфные, неотчетливо пологоволнисто-слойчатые, с кремнистыми стяжениями темно-серого цвета неправильной формы (от 5 до 20–30 см). Горизонтами по 0.4–0.5 м – комковатая текстура за счет распределения доломита и кремнистости. Мощность 5.0 м. Фациальный тип ЗВ.

Слой 12. Закрыто современными пляжевыми отложениями мощностью 0.3 м.

Слой 13. Известняки доломитистые, от светло-серых до серых, субпараллельно-слойчатые, пелитоморфные. В 3–4 м от подошвы – горизонт темно-серых кремнисто-карбонатных конкреций и округлых выделений белого кальцита 1–3 см. Мощность 6.0 м. Фациальный тип ЗА.

Разрез на р. Силова-Яха

Описание фаменского интервала разреза дается в нормальной стратиграфической последовательности (рис. 5).

Пачка 1. Известняки темно-серые, мелко-тонкозернистые, с массивной текстурой. Реликты цельных тонкостенных раковин остракод, подвергшихся тектоническим деформациям. Почти повсеместно отмечаются спикулы губок. Фациальный тип ХВ.

В средней части пачки встречены два маломощных прослоя темно-серых, почти черных, глинистых, средне-мелкозернистых, литобиокластовых известняков с микролинзовидно-слоистой текстурой. Реликты толстостенного раковинного детрита. Поверхность напластования пологоволнистая. Фациальный тип ХС.

Выше известняки мелко-тонкозернистые. Фациальный тип ХВ. В кровле пачки слой известняка темно-серого, средне-мелкозернистого, литобиокластового, с микроволнисто-слоистой текстурой.

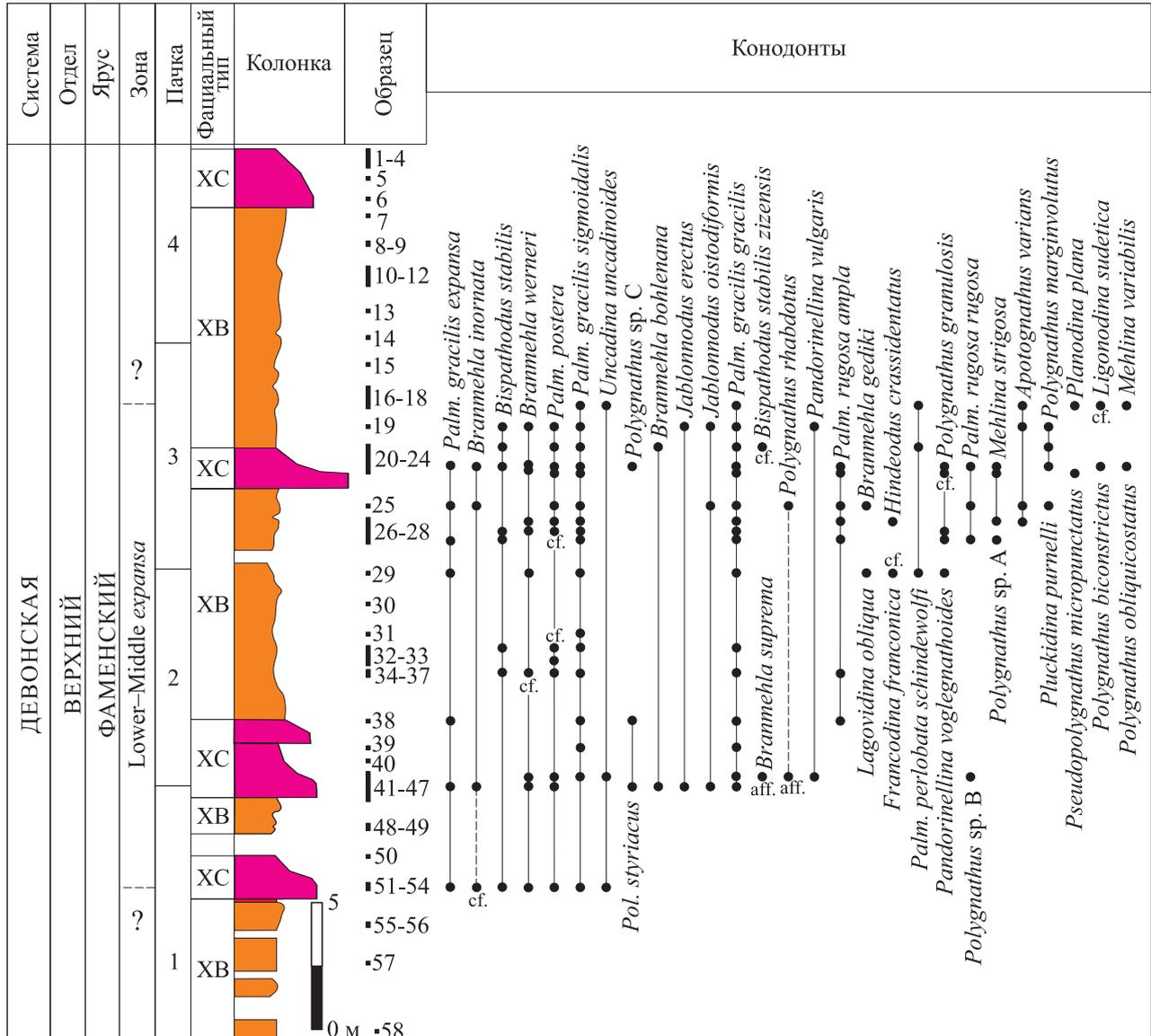


Рис. 5. Разрез сибирчатояхинской толщи на р. Силова-Яха.

Fig. 5. Log of the Sibirchatoyakha Formation, the Silova-Yakha River section.

В подошве слоя текстура массивная. Поверхность напластования пологоволнистая. Детрит представлен остатками иглокожих, сколекодонтами, остракодами. Толщина стенок раковин от средней до толстой. В обр. SI-43 единичные цельные тонкостенные раковины остракод. Встречены конодонтовые элементы, среди которых диагностированы *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl), *Brammehla* cf. *inornata* (Branson et Mehl), *Br. werneri* (Ziegler), *Palmatolepis gracilis expansa* Sandberg et Ziegler, *Pal. gracilis gracilis* Branson et Mehl, *Pal. gracilis sigmoidalis* Ziegler, *Pal. postera* Ziegler, *Polygnathus styriacus* Ziegler, *Uncadina uncadinoides* (Dzik), а также переотложенные *Palmatolepis rugosa trachytera* Ziegler и *Polygnathus glaber* Ulrich et Bassler (более

подробная информация о распространении и количестве конодонтов содержится в табл. 1). Фациальный тип XC. В подошве пачки и выше отмечают жилы кальцита мощностью до 5 см с зеркалами скольжения. В средней и верхней частях пачки встречаются известняки с псевдоконгломератовой структурой. В верхней части – тектониты с реликтами раковинного детрита.

Мощность пачки 10.4 м.

Пачка 2. В нижней части слой известняка темно-серого, средне-мелкозернистого, литоблокостового, с микроволнисто-слоистой текстурой. Фациальный тип XC.

Выше залегают известняки темно-серые, мелкозернистые, шламовые, массивные. Поверх-

Таблица 1. Таксономическая таблица конодонтов из разреза р. Силова-Яха
Table 1. Taxonomic table of conodonts from the section of the Silova-Yakha River

№ образца	SI-53	SI-45	SI-41	SI-39	SI-38	SI-37	SI-35	SI-34	SI-33	SI-32
Фациальный тип	XC	XC	XC	XC	XC	XB	XB	XB	XB	XB
<i>Ap. varians</i>										
<i>Bisp. stabilis</i>	2					1				2
<i>Bisp. stabilis zizensis</i>										
<i>Br. bohlenana</i>			1							
<i>Br. gediki</i>										
<i>Br. inornata</i>	3		1							
<i>Br. suprema</i>			1							
<i>Br. wernerii</i>	2	1	2				1			
<i>Fr. franconica</i>										
<i>Hind. crassidentatus</i>										
<i>Jabl. erectus</i>			2							
<i>Jabl. oistodiformis</i>			2							
<i>Lag. obliqua</i>										
<i>Lig. sudetica</i>										
<i>Mehl. strigosa</i>										
<i>Mehl. variabilis</i>										
<i>Palm. glabra prima</i>										
<i>Palm. gracilis expansa</i>	2		1		1					
<i>Palm. gracilis gracilis</i>		1	4	1	1	1	1	1		2
<i>Palm. gracilis sigmoidalis</i>	2		8	1	2	2				1
<i>Palm. perlobata perlobata</i>										
<i>Palm. perlobata schindewolfi</i>										
<i>Palm. postera</i>	1	5	6				1	1	2	1
<i>Palm. rugosa ampla</i>					1		1	1		
<i>Palm. rugosa grossi</i>			1							
<i>Palm. rugosa rugosa</i>										
<i>Palm. rugosa trachytera</i>	1							1		
<i>Pand. vogelgnathoides</i>										
<i>Pand. vulgaris</i>			1							
<i>Plan. plana</i>										
<i>Pluc. purnelli</i>										
<i>Pol. auriformis</i>										
<i>Pol. biconstrictus</i>										
<i>Pol. glaber</i>	1				1					
<i>Pol. granulosus</i>										
<i>Pol. marginvolutus</i>										
<i>Polygnathus sp. A</i>										
<i>Polygnathus sp. B</i>			1							
<i>Polygnathus sp. C</i>										
<i>Pol. rhabdotus</i>			2							
<i>Pol. styriacus</i>		1			1					
<i>Ps. micropunctatus</i>										
<i>Unc. uncadinoides</i>	1		3							
<i>Ap. sp.</i>										2
<i>Bisp. sp.</i>										
<i>Br. sp.</i>	4		3							
<i>Jabl. sp.</i>			3							
<i>Lig. sp.</i>	1	1								
<i>Mehl. sp.</i>										
<i>Palm. sp.</i>			1						1	
<i>Pand. sp.</i>										1
<i>Pluc. sp.</i>			2							
<i>Pol. sp.</i>			1		1			2		
<i>Ps. sp.</i>										
<i>Unc. sp.</i>										
<i>Palm. gracilis ssp.</i>										1
<i>Palm. perlobata ssp.</i>			1							
<i>Palm. rugosa ssp.</i>		2	7							1
Количество таксонов	7	6	15	2	5	3	4	3	1	6

Переотложенные формы
 Aff. Cf.
Ap. – Apatognathus, *Bisp.* – Bisp. sp., *Br.* – Br. sp., *Fr.* – Francodina, *Hind.* – Hindeodus, *Jabl.* – Jablonnodus, *Lag.* – Lagovidina, *Lig.* – Ligonodina, *Mehl.* – Mehlina, *Palm.* – Palmatolepis, *Pand.* – Pandorinellina, *Plan.* – Planodina, *Pluc.* – Pluckidina, *Pol.* – Polygnathus, *Ps.* – Pseudopolygnathus, *Unc.* – Uncadina

Таблица 1. Окончание
 Table 1. Ending

№ образца	SI-31	SI-29	SI-28	SI-27	SI-26	SI-25	SI-24	SI-23	SI-20	SI-19	SI-18
Фациальный тип	XB	XB	XB	XB	XB	XB	XC	XC	XC	XB	XB
<i>Ap. varians</i>					1	1				2	1
<i>Bisp. stabilis</i>			1	1				1	1	3	
<i>Bisp. stabilis zizensis</i>							1				
<i>Br. bohlenana</i>							1				
<i>Br. gediki</i>						1					
<i>Br. inornata</i>						3		2			
<i>Br. suprema</i>											
<i>Br. wernerii</i>		1		1	1		1	1		2	
<i>Fr. franconica</i>		1									
<i>Hind. crassidentatus</i>						1					
<i>Jabl. erectus</i>										1	
<i>Jabl. oistodiformis</i>						5				1	
<i>Lag. obliqua</i>		3									
<i>Lig. sudetica</i>											1
<i>Mehl. strigosa</i>					1		1	2			
<i>Mehl. variabilis</i>											1
<i>Palm. glabra prima</i>		1							1		
<i>Palm. gracilis expansa</i>		1	1			2		1			
<i>Palm. gracilis gracilis</i>		3	2	10	6	3	8	6	5	3	4
<i>Palm. gracilis sigmoidalis</i>	1	23	1	7	6	8	3	8	7	15	5
<i>Palm. perl. perlobata</i>					1						
<i>Palm. perl. schindewolfi</i>		7							1		1
<i>Palm. postera</i>				3	1	1	11	4	2	2	
<i>Palm. rugosa ampla</i>			4		1	1	6	12			
<i>Palm. rugosa grossi</i>				1							
<i>Palm. rugosa rugosa</i>			1			1		2			
<i>Palm. rugosa trachytera</i>			2		2	1	2	5		1	
<i>Pand. vogelgnathoides</i>		1									
<i>Pand. vulgaris</i>										2	
<i>Plan. plana</i>											1
<i>Pluc. purnelli</i>						1					
<i>Pol. auriformis</i>											1
<i>Pol. biconstrictus</i>								1			
<i>Pol. glaber</i>											
<i>Pol. granulosus</i>			1	1			1	1			
<i>Pol. marginvolutus</i>								2	2	1	
<i>Polygnathus sp. A</i>			1								
<i>Polygnathus sp. B</i>											
<i>Polygnathus sp. C</i>								1			
<i>Pol. rhabdotus</i>						1					
<i>Pol. styriacus</i>											
<i>Ps. micropunctatus</i>							1				
<i>Unc. uncadinoides</i>											3
<i>Ap. sp.</i>							1			3	
<i>Bisp. sp.</i>										5	3
<i>Br. sp.</i>		2				5	1	1	2		
<i>Jabl. sp.</i>					1						
<i>Lig. sp.</i>						2					1
<i>Mehl. sp.</i>				1	2						
<i>Palm. sp.</i>	1	1	1	1	2	5			2		
<i>Pand. sp.</i>	1	1							1		
<i>Pluc. sp.</i>						2					1
<i>Pol. sp.</i>								2	3	1	1
<i>Ps. sp.</i>					1		1				
<i>Unc. sp.</i>				1	3					2	
<i>Palm. gracilis ssp.</i>		2									
<i>Palm. perlobata ssp.</i>											
<i>Palm. rugosa ssp.</i>		1	2				6	3	2		1
Количество таксонов	2	8	8	8	11	14	11	14	8	11	11

ности напластования стилолитоподобные. Биокласты представлены остатками спикул, кальцисферами, обломками криноидей, кониконхий (?). Обломки в целом сортированы и ориентированы. Реже встречаются целые раковины остракод, беззамковых брахиопод, конодонтовые элементы. В верхней части пачки встречен комплекс конодонтов, представленный следующими таксонами: *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl), *Branmehla bohlenana* (Helms), *Br. inornata* (Branson et Mehl), *Br. aff. suprema* Ziegler, *Br. wernerii* (Ziegler), *Franconina cf. franconica* (Sannemann), *Jablonnodus erectus* Dzik, *Jabl. oistodiformis* Dzik, *Lagovidina obliqua* Dzik, *Mehlina* sp., *Palmatolepis gracilis expansa* Sandberg et Ziegler, *Pal. gracilis gracilis* Branson et Mehl, *Pal. gracilis sigmoidalis* Ziegler, *Pal. perlobata schindewolfi* Muller, *Pal. postera* Ziegler, *Palmatolepis rugosa ampla* Muller, *Pandorinellina cf. voglegnathoides* Dzik, *Polygnathus aff. glaber* Ulrich et Bassler, *Polygnathus styriacus* Ziegler, *Uncadina uncadinoides* (Dzik) и переотложенные *Palmatolepis glabra prima* Ziegler et Huddle, *Pal. rugosa grossi* Ziegler и *Pal. rugosa trachytera* Ziegler. Фациальный тип ХВ.

Повсеместно присутствуют вторичная (за счет неравномерной доломитизации) псевдоконгломератовая структура и вторичная микрослоистая волнистая текстура. В нижней части пачки встречаются зоны послыйного срыва с многочисленными кальцитовыми прожилками.

Мощность пачки 8 м.

Пачка 3. В нижней части известняки темно-серые, мелко-тонкозернистые, массивные, с органическим шламом, кальцисферами и пелоидами. Опознаются остатки водорослей, обломки иглокожих, конодонтовые элементы. Реже встречаются тонкостенные створки остракод, брахиопод. Фациальный тип ХВ.

Выше залегает линзовидный прослой известняка мелко-среднедетритового, с пологоволнистой поверхностью напластования. Определимый детрит представлен остатками криноидей. В подчиненном количестве присутствуют литокласты мелкозернистого известняка. Матриком служит тонкозернистая пелоидная масса. Над ним залегает темно-серый, тонко-мелкозернистый известняк с редкими литокластами среднезернистой размерности. Фациальный тип ХС.

Перекрывается слоем известняка черного, глинистого, тонкозернистого. Из органических остатков присутствуют спикулы (?), радиолярии, брахиоподы (?) со средней или тонкостенной цельной раковиной, а также конодонты. Среди конодонтов определены *Apatognathus varians* Branson et Mehl, *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl), *Bispathodus aff. stabilis zizensis* Hartenfels, *Branmehla cf. gediki* Capkinoglu, *Br. inornata* (Branson et Mehl), *Br. wernerii* (Ziegler), *Hindeodus crassidentatus* (Branson et

Mehl), *Jablonnodus erectus* Dzik, *Jabl. oistodiformis* Dzik, *Ligonodina cf. sudetica* Dzik, *Mehlina strigosa* Branson et Mehl, *Palmatolepis gracilis expansa* Sandberg et Ziegler, *Pal. gracilis gracilis* Branson et Mehl, *Pal. gracilis sigmoidalis* Ziegler, *Pal. perlobata perlobata* Ulrich et Bassler, *Pal. perlobata schindewolfi* Muller, *Pal. postera* Ziegler, *Pal. rugosa ampla* Muller, *Pal. rugosa rugosa* Branson et Mehl, *Pandorinellina vulgaris* Dzik, *Planadina plana* (Helms), *Pluckidina purnelli* Dzik, *Polygnathus cf. biconstrictus* Gedik, *Pol. granulatus* Branson et Mehl, *Pol. marginvolutus* Gedik, *Pol. sp. A*, *Pol. rhabdotus* Schafer, *Pol.? variabilis* Bischoff et Ziegler и *Pseudopolygnathus micropunctatus* Bischoff and Ziegler, а также переотложенные *Palmatolepis glabra prima* Ziegler et Huddle, *Pal. rugosa grossi* Ziegler, *Pal. rugosa trachytera* Ziegler и *Polygnathus auriformis* Drygant. Фациальный тип ХВ.

В подошве пачки темно-серые мелкозернистые известняки имеют вторичную псевдоконгломератовую текстуру, вызванную, вероятно, неравномерной доломитизацией. Отмечаются конкреционные плиты и отдельные изометричные конкреции черных кремней. В верхней части пачки присутствуют кремнисто-кальцитовые жилы, маркирующие, вероятно, зоны послыйного срыва.

Мощность пачки 9.1 м.

Пачка 4. Нижняя и средняя часть сложена известняками темно-серыми, мелко-тонкозернистыми, с детритом, шламовой размерности в тонкозернистом пелоидном карбонатном матриксе, массивными. Органические остатки представлены остатками спикул, кальцисферами, обломками криноидей, кониконхий (?). Обломки в целом сортированы и ориентированы. Реже встречаются остатки *Renalcis* (?), цельные раковины остракод, конодонтовые элементы. Фациальный тип ХВ.

Встречаются конкреционные плиты и стяжения черных кремней, а также гнезда вторичной доломитизации. Поверхности напластования стилолитоподобные.

В кровле пачки известняк средне-мелкозернистый, с редкими разрозненными фрагментами створок раковин брахиопод и остатками иглокожих. Фациальный тип ХС.

Мощность пачки 7.4 м.

Разрез в долине руч. Тальбейшор

Здесь интервал, включающий в себя событие Dasberg, представлен следующей последовательностью (описание снизу вверх по разрезу начиная со слоя 8 (рис. 6)).

Слой 8. Циклически построенная пачка. Элементарный цикл состоит из известняка биолитокластического (от крупнодетритового до валунного конгломерата), светло-серого, волнисто-линзовидно-слоистого; известняка (от крупно- до

ющийся следующим таксономическим составом: *Apatognathus varians* Branson et Mehl, *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl) M1, *Branmehla bohlenana* (Helms), *Br. inornata* (Branson et Mehl), *Br. suprema* (Ziegler), *Mehlina* cf. *strigosa* (Branson et Mehl), *Neopolygnathus communis* (Branson et Mehl), *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson et Mehl, *Palm. gracilis sigmoidalis* Ziegler, *Polygnathus* cf. *styriacus* Ziegler, *Pol. granulosus* Branson et Mehl и *Pol. obliquicostatus* Ziegler. Мощность 1 м. Фациальный тип ХА.

Слой 10. Слой с градиционным переходом от известняковой литокластической конглобрекции (матрикс – тонкодетритовый серый известняк), массивной до волнисто-линзовидно-слоистой к известняку детритовому, серому и темно-серому, неотчетливо волнисто-слоистому. Подошва неотчетливо волнистая. В верхней части слоя отмечаются черные кремнистые стяжения неправильной формы. Мощность 2.5 м. Фациальный тип ХС.

Слой 11. Известняк тонкодетритовый, темно-серый, субпараллельно-слоистый. Конкреции и конкреционные плиты кремня от темно-серого до черного. Подошва ровная. Комплекс конодонтов представлен такими таксонами, как *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl) M2, *Branmehla bohlenana* (Helms), *Bran. inornata* (Branson et Mehl), *Mehlina strigosa* (Branson et Mehl), *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson et Mehl, *Palm. gracilis sigmoidalis* Ziegler, *Polygnathus* sp. и *Pol. styriacus* Ziegler. Мощность 2.8 м. Фациальный тип ХА.

Слой 12. Известняк литокластический, серый, с массивной текстурой. Матрикс органогенно-детритовый с неясным детритом. Подошва резкая, волнистая. Мощность 1.2 м. Фациальный тип ХВ.

Слой 13. Известняк мелкоорганогенно-детритовый, серый, волнисто-линзовидно-слоистый. Обильный органогенный детрит (членики криноидей) распределен послойно. Конкреционные плиты черного кремня. Подошва ровная. Таксономический состав конодонтов следующий: *Branmehla inornata* (Branson et Mehl), *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson et Mehl, *Polygnathus styriacus* Ziegler, *Pol. experplexus* Sandberg et Ziegler, *Pol. perplexus* Thomas и *Pol. semicostatus* Branson et Mehl. Мощность 1.2 м. Фациальный тип ХА.

Слой 14. Известняк мелко-среднедетритовый, неотчетливо комковато-волнисто-слоистый. Органогенный детрит неясный, рассеянный. В нижних 0.3 м литокласты пелитоморфного известняка. Подошва пологоволнистая, резкая. Диагностированы *Branmehla* aff. *inornata* (Branson et Mehl) и *Palmatolepis* sp. Мощность 1.3 м. Фациальный тип ХВ.

Слой 15. Известняк литокластический (плохо сортированный галечно-валунный конгломерат), серый, массивный. Литокласты известняка пелитоморфного, темно-серого, хорошо окатанные (1–10 см и более). Количество литокластов снижается вверх по слою. Органогенный детрит рассеянный,

неориентированный. Кремнистые стяжения темно-серого и черного цвета. Подошва резкая, волнистая. Определены конодонты *Branmehla inornata* (Branson et Mehl), *Mehlina strigosa* (Branson et Mehl), *Palmatolepis gracilis sigmoidalis* Ziegler и *Polygnathus* cf. *depressus* Metzger. Мощность 3.7 м. Фациальный тип ХВ.

Слой 16. Тонкое (1–3 см) чередование известняков пелитоморфных, серых, волнисто-линзовидно-слоистых и известняков глинистых, темно-серых, буроватых волнисто-слоистых. Пластообразные и четковидные кремнистые стяжения. Среди конодонтовых элементов диагностированы *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson et Mehl, *Palm. gracilis sigmoidalis* Ziegler, *Polygnathus extralobatus* Schaffer, *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl) M2, *Branmehla* sp., *Mehlina strigosa* (Branson et Mehl), *Mehl. aff. strigosa* (Branson et Mehl), *Hibbardella* sp., *Pseudopolygnathus marburgensis marburgensis* Ziegler, а также переотложенные *Palmatolepis glabra* Ulrich et Bassler и *Palm. glabra lepta* Ziegler et Huddle. Подошва ровная. Мощность 8 м. Фациальный тип ХА.

Слой 17. Известняк биолитокластический, серый, неотчетливо линзовидно-слоистый. Неотчетливое уменьшение размера литокластов вверх по слою. Редкие стяжения кремня черного. Подошва резкая, пологоволнистая. Конодонты *Bispathodus aculeatus plumulis* (Rhodes, Austin et Druce), *Bisp. stabilis* (Branson et Mehl) M2, *Branmehla inornata* (Branson et Mehl), *Hindeodus abbreviatus* (Branson et Mehl), *Mehlina strigosa* Ziegler, *Neopolygnathus carinus* (Hass), *Neopol. communis* (Branson et Mehl), *Neopol. lectus* (Kononova), *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson et Mehl, *Palm. gracilis sigmoidalis* Ziegler, *Polygnathus vogesi* Ziegler, *Pol. znepolensis* Spasov, *Pseudopolygnathus marburgensis marburgensis* Ziegler, *Pseud.* sp. определены из этого слоя. Мощность 9 м. Фациальный тип ХС.

Разрез в бассейне р. Песчаная

Интервал разреза, включающий в себя следы события Dasberg, сложен следующими слоями (описание снизу вверх по разрезу (рис. 7)).

Нижняя часть представлена следующими слоями.

Слой 1. Тонкое (1–2 см), близкое к равномерному, чередование с резкими границами черных, массивных силицитов, темно-серых, известковистых, горизонтально-слоистых силицитов и темно-серых до черных, глинистых, горизонтально-слоистых силицитов. В верхней и нижней частях – прослой известняков сильно кремнистых, пелитоморфных, волнисто-слоистых, с рассеянным тонким детритом в приподошвенной части. Мощности прослоев 0.1–0.2 м. Из карбонатных разностей выделены конодонтовые элементы, среди которых

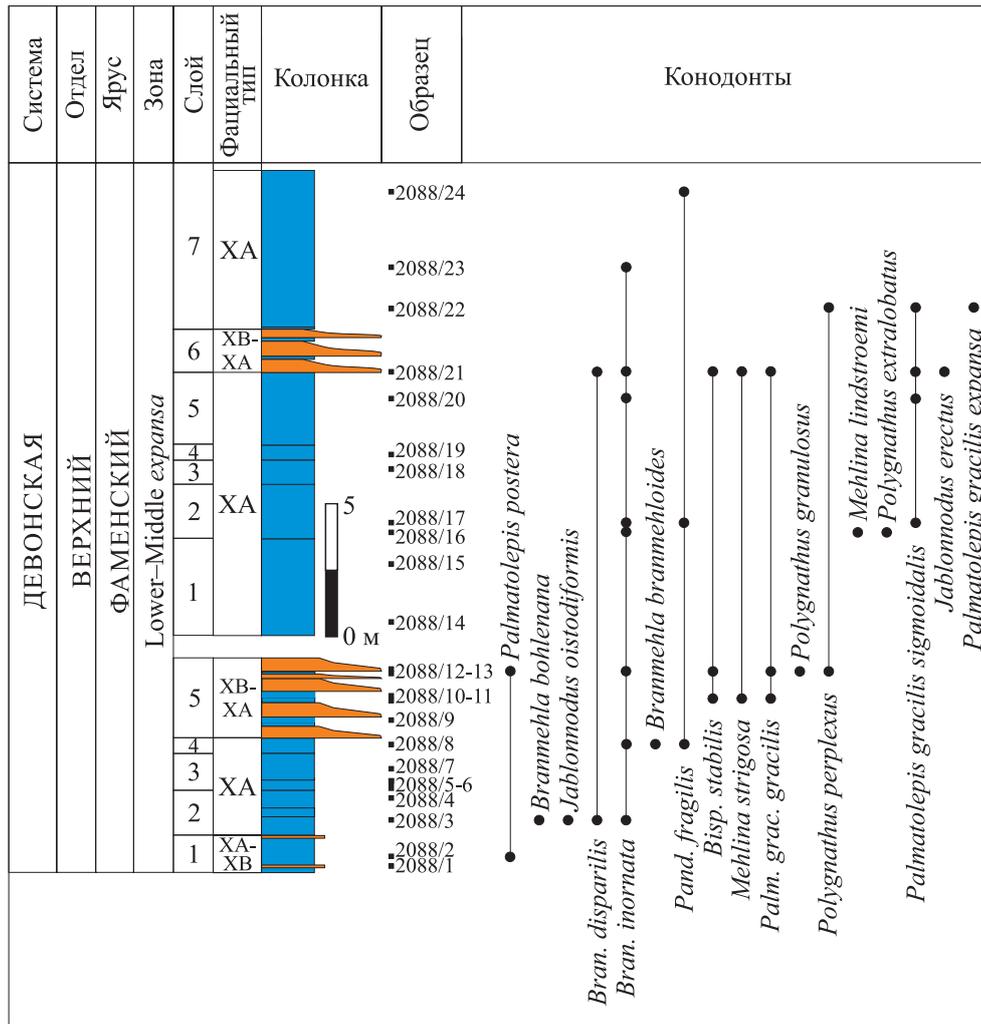


Рис. 7. Разрез силваякхинской свиты на р. Песчаная.

Fig. 7. Log of the Silovayakha Formation, the Peschanaya River section.

диагностирован *Palmatolepis postera* Ziegler (более подробная информация о распространении и количестве конодонтов содержится в табл. 2). Неполная мощность слоя 1.2 м. Фациальный тип ХА.

Слой 2. Тонкое (до 5–7 см), близкое к равномерному, чередование силицитов темно-серых и серых, субпараллельно-слоистых, с глинистыми примазками черного цвета (фациальный тип ХА). В средней части слоя примазки формируют отдельные более глинистые прослои до 5–10 см. Определены конодонты *Branmehla bohlenana* (Helms), *Br. disparilis* (Branson et Mehl), *Br. inornata* (Branson et Mehl) и *Jablonnodus oistodiformis* Dzik. Мощность 1.5 м.

Слой 3. Силициты темно-серые до черных, субгоризонтально-слоистые, с глинистыми примазками, образующими сгущения в нижней части слоя. Вверх по слою частота примазок снижается. Мощность 1.2 м. Фациальный тип ХА.

Слой 4. Неравномерное чередование (масштаб 0.2 м) силицитов от светло-серых до серых, известковистых, волнисто-слоистых (преобладают) и силицитов, темно-серых, известковисто-глинистых, субпараллельно-слоистых. Диагностированы конодонты *Branmehla branmehloides* (Dzik), *Br. inornata* (Branson et Mehl), *Pandorinellina fragilis* Dzik. Мощность 0.5 м. Фациальный тип ХА.

Слой 5. Градационные циклиты с волнистыми резкими подошвами, состоящие из трех элементов: а) известняка от серого до светло-серого, сильно кремнистого, от мелко-тонкодетритового до тонкодетритово-пелитоморфного, от волнисто-до субпараллельно-слоистого (фациальный тип ХВ); б) тонкого (первые миллиметры), параллельного чередования силицитов от темно-серых до серых, известковистых и глинистых (фациальный тип ХА); в) силицита от серого до темно-серого, параллельно-слоистого (фациальный тип ХА).

Таблица 2. Таксономическая таблица конодонтов из разреза р. Песчаная

Table 2. Taxonomic table of conodonts from River Peshchanaya section

№ Образца	2	3	8	10	13	16	17	20	21	22	23	24
Фациальный тип	XA	XA	XA	XA	XB	XA	XA	XA	XB	XA	XA	XA
<i>Bisp. stabilis</i>				1	1				2			
<i>Br. bohlenana</i>		1										
<i>Br. branmehloides</i>			5									
<i>Br. disparilis</i>		7							1			
<i>Br. inornata</i>		2	2		1	1	1	1	2		1	
<i>Jabl. erectus</i>									3			
<i>Jabl. oistodiformis</i>		3										
<i>Mehl. lindstroemi</i>						1						
<i>Mehl. strigosa</i>				1					1			
<i>Palm. gracilis</i>						1				1		
<i>Palm. gracilis expansa</i>										2		
<i>Palm. gracilis gracilis</i>				1	1				2			
<i>Palm. gracilis sigmoidalis</i>							1	2	1	5		
<i>Palm. postera</i>	1				1							
<i>Pandorinellina fragilis</i>			1				2					1
<i>Pol. buzmakovi</i>									1			
<i>Pol. extralobatus</i>						1						
<i>Pol. granulosis</i>					1							
<i>Pol. lagowiensis</i>					1							
<i>Pol. perplexus</i>					1					1		
<i>Pol. planirostratus</i>						2						
<i>Bisp. sp.</i>									1			
<i>Br. sp.</i>										5		
<i>Jabl. sp.</i>		2										
<i>Palm. sp.</i>		1			2		1					
<i>Pol. sp.</i>							1					
Количество таксонов	1	5	3	3	7	5	4	2	8	5	1	1

Примечание. Условные обозначения и сокращения – см. табл. 1.

Note. For Legend – see Table 1.

Диагностированы следующие таксоны конодонтов: *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl), *Branmehla inornata* (Branson et Mehl), *Mehlina strigosa* (Branson et Mehl), *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson et Mehl, *Pal. postera* Ziegler, *Polygnathus granulosis* Branson et Mehl, *Pol. lagowiensis* Helms et Wolska и *Pol. perplexus* Thomas. Видимая мощность 2.75 м. Чередование фациальных типов XA и XB.

Верхняя часть разреза, после небольшого необнаженного участка, представлена следующей последовательностью.

Слой 1. Силициты серые, зеленовато-серые, с глинистыми примазками темно-серого цвета через 5–7 см, параллельно-слоистые. С интервалом 0.4–0.7 м наблюдаются ступени глинистых примазок мощностью около 5 см. Вверх по разрезу глинистость слабо снижается. Кварцевые прожилки, секущие слоистость. Видимая мощность 3.2 м. Фациальный тип XA.

Слой 2. Силициты зеленовато-серые, с частыми (через 3–4 см) глинистыми примазками темно-серого цвета. Рассеянная вкрапленность сульфидов.

дов. Остатки радиолярий и конодонтовые элементы. Из последних диагностированы *Branmehla inornata* (Branson et Mehl), *Mehlina lindstroemi* Matveeva, Zhuravlev, Eremenko, *Palmatolepis gracilis* ssp., *Pal. gracilis sigmoidalis* Ziegler, *Pandorinellina fragilis* Dzik, *Polygnathus extralobatus* Schafer и *Pol. planirostratus* Dreesen et Dusar. Мощность 1.8 м. Фациальный тип ХА.

Слой 3. Силициты зеленовато-серые, с тонкими глинистыми прослоями (через 2–3 см), параллельно-слоистые. Частота глинистых прослоев снижается вверх по разрезу. Мощность 0.8 м. Фациальный тип ХА.

Слой 4. Силициты зеленовато-серые, с редкими тонкими глинистыми прослоями (через 0.1–0.2 см), параллельно-слоистые. Мощность 0.5 м. Фациальный тип ХА.

Слой 5. Силициты зеленовато-серые, параллельно-слоистые, с частыми (через 1–5 см) тонкими глинистыми прослоями черного цвета. Обильная вкрапленность сульфидов. Резкий волнистый верхний контакт. Определены конодонты *Branmehla inornata* (Branson et Mehl) и *Pal. gracilis sigmoidalis* Ziegler. Мощность 2.4 м. Фациальный тип ХА.

Слой 6. Градационные циклиты от известняка серого, сильно кремнистого, мелкодетритового, волнисто-слоистого до известняка серого, сильно кремнистого, пелитоморфного, субпараллельно-слоистого (фациальный тип ХВ) и до силицита темно-серого, с глинистыми примазками (фациальный тип ХА). Вкрапленность сульфидов. Наблюдаются кварц-хлоритовые согласные прожилки. Диагностированы конодонты *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl), *Branmehla disparilis* (Branson et Mehl), *Br. inornata* (Branson et Mehl), *Jablonnodus erectus* Dzik, *Mehlina strigosa* (Branson et Mehl), *Palmatolepis gracilis gracilis* Branson et Mehl, *Pal. gracilis sigmoidalis* Ziegler и *Polygnathus buzmakovi* Kuzmin. Мощность 1.5 м. Чередование фациальных типов ХА и ХВ.

Слой 7. Силициты зеленовато-серые, прослоями до темно-серых, субпараллельно-слоистые, с тонкими глинистыми прослоями через 1–10 см. Рассеянная вкрапленность сульфидов с увеличением содержания вверх по разрезу. Остатки радиолярий и конодонты *Branmehla inornata* (Branson et Mehl), *Palmatolepis gracilis* ssp., *Pal. gracilis expansa* Sandberg et Ziegler, *Pal. gracilis sigmoidalis* Ziegler и *Polygnathus perplexus* Thomas. Мощность 5 м. Фациальный тип ХА.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Фациальная интерпретация

Рассматриваемые разрезы принадлежат к единому осадочному бассейну, но формировались в различных фациальных зонах.

Для разрезов средней части лымбадьяхинской свиты по текстурно-структурным характеристикам проведено выделение ряда фациальных типов на основе модифицированной модели мелководной седиментации Ирвина (см. раздел “Материал и методы исследования”). Нижняя часть разреза (слои 1 и 2) формировалась в зоне подвижного мелководья (УВ). Образование слоев 3 и 4 происходило в зоне волнового воздействия (УС). Смена гидродинамического режима фиксируется в слоях 5 и 7 и рассматривается как условия закрытого слабоподвижного мелководья (ЗВ). Их становление, вероятно, было обусловлено падением уровня моря, когда окружающие крупные положительные формы рельефа выступали в качестве физического барьера, нивелирующего волновое воздействие. Осадки слоя 6 формировались в зоне волнового воздействия. В зоне подвижного мелководья (УВ), на время существования которой приходится трансгрессия события Dasberg, формировались осадки слоя 8. Вышезалегающие слои 9 и 10 аккумулировали осадок в зоне волнового воздействия, на фоне падения относительного уровня моря. Слой 11 накапливался в зоне слабоподвижного закрытого мелководья (ЗВ). Дальнейшее понижение уровня моря привело к образованию тихоходной зоны закрытого мелководья (ЗА), в которой формировались осадки слоев 12, 13.

Таким образом, максимумы трансгрессии рассматриваются как периоды формирования фациального типа УВ–УС в условиях подвижного мелководья с образованием малых и крупных аккумулятивных форм рельефа, а установление тихоходной и слабоподвижной среды закрытого мелководья интерпретируется как признак регрессии (фациальные типы ЗА, ЗВ). Распределение литолого-генетических типов в разрезе средней части лымбадьяхинской свиты показано на рис. 8.

Для разрезов глубоководного ряда, таких как на реках Силова-Яха, Песчаная и Тальбейшор, при интерпретации слоевых последовательностей использовались общие представления о пелагической седиментации (см. раздел “Материал и методы исследования”).

Интервал разреза р. Силова-Яха представляет собой цикличное чередование отложений, отвечающих дистальным и проксимальным частям карбонатных турбидитов. Отложения проксимальных частей турбидитов отмечаются в верхней части пачки 1, нижней части пачки 2, а также в верхних частях пачек 3 и 4. Остальная часть разреза характеризуется отложениями, сформированными в пределах дистальных частей конусов выноса (ХС) мутьевых потоков.

В разрезе р. Тальбейшор слой 8 представлен циклитами, интерпретируемыми как проксимальные карбонатные турбидиты (ХС). Вышележащая часть разреза (слой 9) формируется фоновыми глинистыми

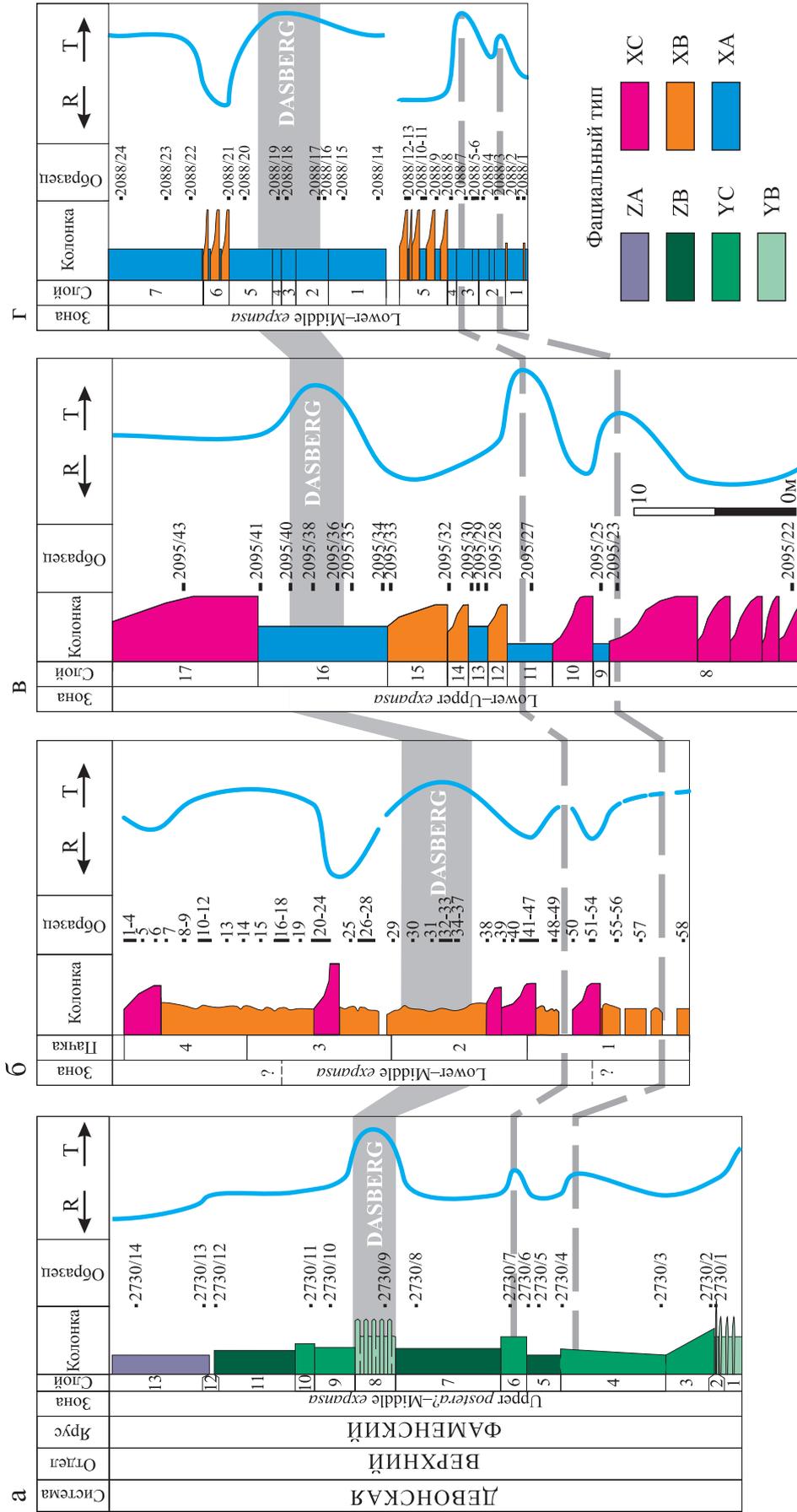


Рис. 8. Схема корреляции изученных разрезов.

а – Лымбадья, б – Слово-Яха, в – Тальбейшор, г – Песчаная.

Сокращения: R – регрессия, T – трансгрессия. Серая штриховая линия обозначает максимумы трансгрессии.

Fig. 8. Correlation of the studied sections.

a – Lymbada, б – Silova-Yakha, в – Tal'beyshor, г – Peschanaya.

Abbreviations: R – regression, T – transgression. Grey dashed line indicate the transgression acmes.

ми и глинисто-карбонатными отложениями (ХА), чередующимися с проксимальными карбонатными турбидитами (ХС). Такая последовательность сохраняется до слоя 12, который интерпретируется как дистальные карбонатные турбидиты (ХВ). Вышезалегающий слой 13 представлен фоновыми карбонатными отложениями (ХА). Слои 14 и 15 рассматриваются как отложения дистальной части конусов выноса. Далее, в слое 16, осадки представлены фоновым карбонатно-глинистым и карбонатным материалом (ХА), накопление которых вызвано, вероятно, трансгрессивной фазой события. Завершается разрез отложениями, интерпретируемыми как проксимальные карбонатные турбидиты (ХС, ХД).

В разрезе р. Песчаная наблюдается результаты фоновое глинисто-карбонатного и карбонатного осадконакопления (фациальный тип ХА) с эпизодическим поступлением на регрессивных фазах обломочного карбонатного материала, формирующего дистальные карбонатные турбидиты (фациальный тип ХВ), что зафиксировано в слоях 5 и 6 (см. рис. 8).

В целом, как было показано, строение разрезов имеет специфическую двучленную (реже трехчленную) карбонатную, глинисто-карбонатную цикличность, сформировавшуюся при наложении карбонатных турбидитов на глубоководные известковые илы. При различии в формировании тех или иных частей конусов выноса мутьевых потоков выявлен общий инъекционный режим седиментации, вероятно отражающий колебания относительного уровня моря (см. рис. 8). Предположительно, регрессиям отвечают этапы образования систем конусов выноса, причем на максимумы регрессий приходится формирование дистальных частей конусов, а накопление фоновых осадков сопоставляется с трансгрессивными фазами развития бассейна.

На основе указанных признаков для всех рассматриваемых разрезов реконструированы изменения относительного уровня моря. Анализ построенных кривых по каждому разрезу позволил выделить характерную трансгрессивно-регрессивную последовательность с общим максимумом, сопоставляемым с глобальным событием Dasberg.

Выделенные во всех разрезах трансгрессивно-регрессивные циклы хорошо прослеживаются благодаря характерной морфологии. Две сближенные по времени трансгрессии с возрастающей амплитудой, проявления которых отмечаются вблизи подошвы зоны *expansa* в разрезах р. Силова-Яха, р. Песчаная и руч. Тальбейшор, распознаются и в разрезе Лымбадьяхинской свиты. Максимумы трансгрессии отмечаются в верхней части слоя 4 и в слое 6 разреза Лымбадьяха (см. рис. 8). Следующий максимум трансгрессии, сопоставляемый с событием Dasberg, также прослеживается во всех изучен-

ных разрезах. Ему отвечает слой 8 в разрезе Лымбадьяхинской свиты, пачка 3 в разрезе р. Силова-Яха с условным максимумом в средней части, средняя часть слоя 16 в разрезе руч. Тальбейшор и интервал от слоя 2 до нижней части слоя 5 в разрезе р. Песчаная. В целом трансгрессивно-регрессивные последовательности, реконструированные в стратиграфическом интервале Lower–Middle *expansa* для разрезов Пай-Хоя, совпадают с таковыми Западной Европы, в том числе с типовой для события Dasberg последовательностью (Hartenfels, Becker, 2009).

Биостратиграфия по конодонтам

Изученные фрагменты разрезов приблизительно сопоставлены биостратиграфическим методом – все они содержат конодонтовые комплексы зоны *expansa* s. l. (интервал зон Lower–Upper *expansa* (Ziegler, Sandberg, 1984)). Наиболее полные биостратиграфические данные получены по разрезам р. Силова-Яха и руч. Тальбейшор. В разрезе р. Силова-Яха зона *expansa* выделяется по первой находке индекс-вида (*Palmatolepis gracilis expansa* Ziegler et Sandberg) в середине пачки 1. Комплекс конодонтов в целом соответствует интервалу зон Lower–Middle *expansa* (Плотицын и др., 2018).

В разрезе руч. Тальбейшор зона *expansa* устанавливается по сонахождению ряда таксонов: *Bispathodus stabilis* (Branson et Mehl) M2 (пачка 8), *Branmehla suprema* Ziegler (слой 9), развитых неополлигнатид (*Neopolygnathus carinus* (Hass), *Neoplectus* (Kononova)) и биспатодид (*Bispathodus* aff. *spinulicostatus* (Branson), *Bisp. aculeatus plumulus* (Rhodes, Austin et Druce)) (слой 16, 17).

В разрезе р. Песчаная конодонты менее разнообразны, комплексы беднее и в количественном плане, и в таксономическом. Здесь нижняя граница зоны *expansa* проведена по появлению *Branmehla disparilis* (Branson et Mehl) в подошве слоя 1, а вид-индекс зоны обнаружен гораздо выше по разрезу, в нижней части слоя 7. Комплекс конодонтов в целом позволяет датировать отложения интервалом зон Lower–Middle *expansa*.

В разрезах Лымбадьяхинской свиты находки конодонтов крайне редки и не позволяют распознать зональные подразделения. Примерным стратиграфическим аналогом зоны *expansa* может считаться описанная выше часть разреза, содержащая в слоях 8 и 9 конодонты *Polygnathus delicatulus* Ulrich et Bassler, *Hindeodus albus* (Deulin), *Mehlina strigosa* (Branson et Mehl). Эта датировка косвенно подтверждается тем, что стратиграфически нижележащие отложения содержат специфический, вероятно эндемичный, комплекс конодонтов, который условно отнесен к интервалу зон Lower *margifera*–Lower *expansa* (Груздев и др., 2020).

Динамика таксономического разнообразия конодонтов

Анализ таксономического разнообразия конодонтов на видовом уровне, проведенный для каждого образца, содержащего конодонтовые элементы, позволил построить графики изменения разнообразия для трех из изученных разрезов (рис. 9). Для разреза лымбадьяхинской свиты ввиду лишь единичных находок конодонтов анализ разнообразия не проводился.

Изменения разнообразия в комплексах конодонтов из глубоководных разрезов демонстрируют сходные тенденции. В интервале, сопоставляемом с событием Dasberg, отмечается существенное снижение разнообразия конодонтов. Кроме того, во всех глубоководных разрезах наблюдается снижение разнообразия на трансгрессиях и его по-

вышение на регрессиях. Отмеченные в глубоководных разрезах вариации разнообразия, скорее всего, отражают тафономические особенности конодонтовых комплексов из трансгрессивных и регрессивных частей разреза. Трансгрессивные части разреза, представленные пелагическими карбонатно-глинисто-кремнистыми отложениями (фациальный тип ХА) и дистальными карбонатными турбидитами (фациальный тип ХВ), содержат относительно бедные субавтохтонные комплексы конодонтов. Регрессивным частям отвечают проксимальные карбонатные турбидиты (фациальный тип ХС), в которых происходит обогащение породы конодонтовыми элементами за счет как гидродинамического фракционирования, так и привноса аллохтонного материала (в том числе конодонтовых элементов) с верхней части подводного склона (Журавлев, 2012б).

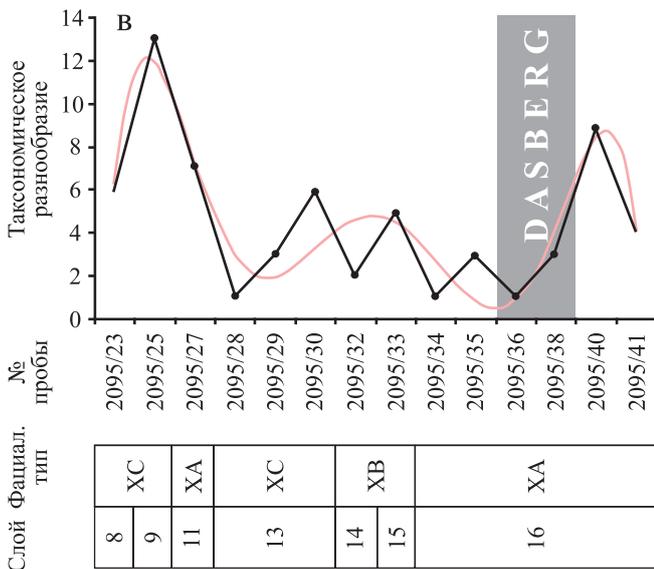
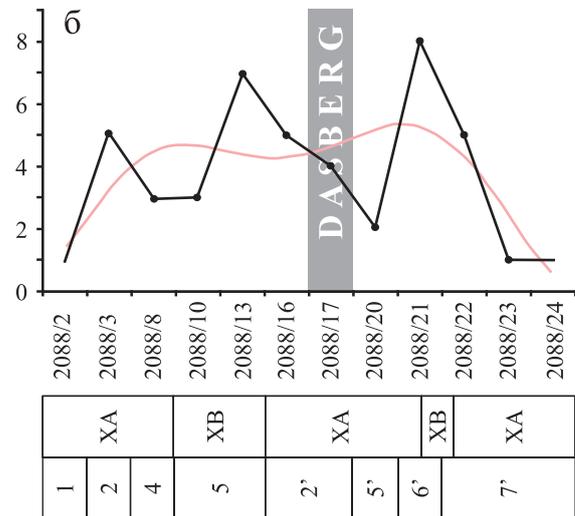
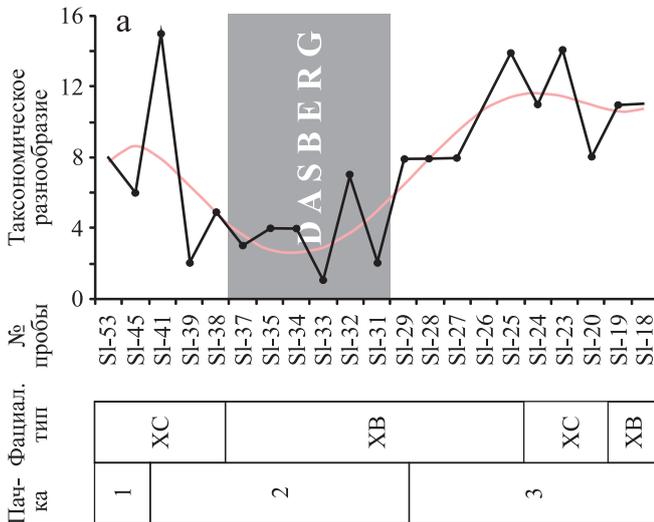


Рис. 9. Динамика таксономического разнообразия конодонтов в разрезах рек Силова-Яха (а), Песчаная (б) и Тальбейшор (в).

Fig. 9. Dynamics of taxonomic diversity of conodonts in the Silova-Yakha River section (a), the Pechanaya River section (б), and the Tal'beyshor River section (v).

Изотопно-геохимические данные

Наблюдаемые в разрезе на р. Силова-Яха изменения изотопного состава углерода карбонатов позволяют выделить интервал повышенных (до 3–4‰) значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$. Этот интервал охватывает часть разреза от границы пачек 1 и 2 до средней части пачки 4. В соответствии с фациальной интерпретацией, ему отвечают два трансгрессивно-регрессивных циклита (см. рис. 6). Нижний максимум трансгрессии, сопоставляемый с началом события Dasberg, характеризуется некоторым снижением значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ (примерно на 1‰). Выше следует протяженное “плато” со средними значениями $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ около 3.2‰, которое завершается положительным экскурсом (более 4 ‰) и последующим снижением до 2.5–3.0‰ (рис. 10).

Сходная структура изотопной записи углерода в интервале зон Lower–Middle *expansa* отмечалась в североамериканских разрезах (Stock, Sandberg, 2019). Как и в разрезе на р. Силова-Яха, там ин-

тервал повышенных значений ограничен двумя отрицательными экскурсами – в нижней части зоны Lower *expansa* и в зоне Middle *expansa* (Stock, Sandberg, 2019) (см. рис. 10). В отличие от пайхойских разрезов между отрицательными экскурсами в североамериканских разрезах отмечается положительный тренд в изменениях $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ (см. рис. 10). Отрицательный сдвиг, предшествующий событию Dasberg, указывается и в разрезах Западной и Центральной Европы (Pisarzowska, Racki, 2020).

Вариации $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ в рассматриваемом интервале связываются К. Стоком и Ч. Сандбергом (Stock, Sandberg, 2019) с изменениями климата и глобальной океанической циркуляции, а высокоамплитудная трансгрессия, отвечающая событию Dasberg, – с гляциоэвстатическим подъемом уровня моря вследствие потепления (межледниковье). Наши данные в целом укладываются в эту модель, а локальные особенности в изотопной записи углерода могут быть связаны со спецификой водных масс Уральского палеоокеана.

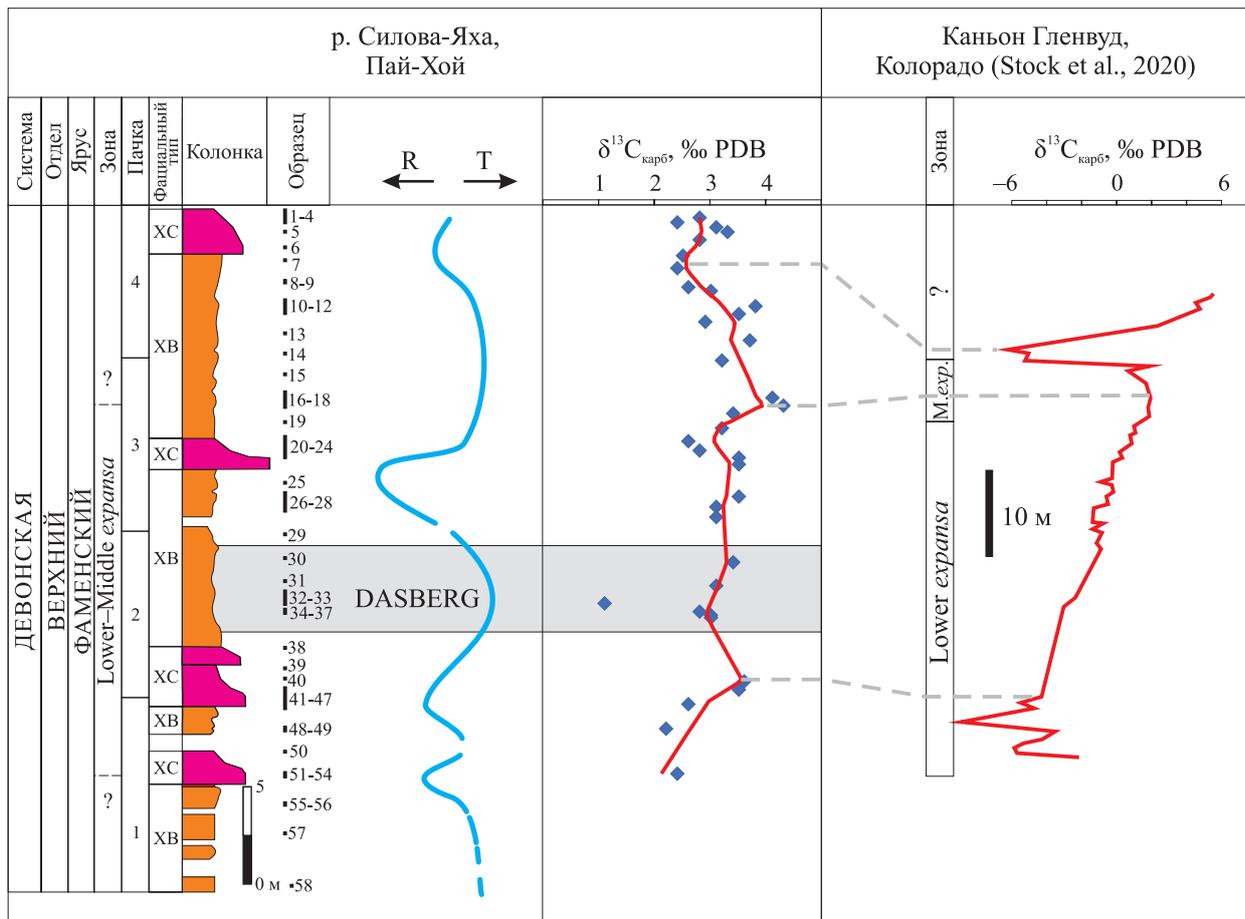


Рис. 10. Вариации изотопного состава углерода в событийном интервале Dasberg в разрезах р. Силова-Яха (Пай-Хой) и Каньон Гленвуд (Колорадо).

Fig. 10. Variations of the carbon isotopic composition of Dasberg Event in the Silova-Yakha River section (Pai-Khoi) and Glenwood Canyon section (Colorado).

ВЫВОДЫ

В статье рассмотрены региональные проявления позднефаменского (поздний девон) эвстатического события Dasberg в разнофациальных разрезах Пай-Хоя. Изученные разрезы характеризуются различными условиями формирования от мелководно-морских обстановок в пределах изолированной карбонатной платформы (р. Лымбадьяха, северо-западный Пай-Хой) до относительно глубоководья – склона края шельфа (р. Силова-Яха, юго-западный Пай-Хой, руч. Тальбейшор, юго-восточный Пай-Хой), вплоть до батинальных фаций (р. Песчаная, северо-восточный Пай-Хой). Событие Dasberg прослеживается здесь в пределах нерасчлененных зон Upper *postera*?–Middle *expansa*, Lower–Middle *expansa* и Lower–Upper *expansa* (*expansa* s. l.). Невозможность расчленения интервалов зон связана с отсутствием видов-индексов в комплексах конодонтов. Кроме того, надежность биостратиграфических построений снижается за счет диахронного переотложения конодонтов в карбонатных турбидитах. Учитывая описанное, на основе биостратиграфического метода проведена приблизительная корреляция разрезов, которая затем была уточнена циклостратиграфическим методом. Трансгрессия, отвечающая эвстатическому событию Dasberg, ввиду ее предполагаемой гляциоэвстатической природы носит глобальный характер. Таким образом, максимум трансгрессии можно рассматривать в качестве надежного изохронного корреляционного уровня, который можно использовать при сопоставлении разнофациальных разрезов не только на региональном уровне, но и на межрегиональном и глобальном.

Согласно разработанной нами седиментационной модели (см. рис. 3), в мелководной зоне максимуму трансгрессии, который сопоставляется с эвстатическим событием Dasberg, отвечает чередование тонко- и мелкодетритовых разностей серых известняков фациального типа УВ. В склоновых фациях они сменяются известняками темно-серыми, мелко-тонкозернистыми, шламовыми, относимыми к фациальному типу ХВ. В нижней части склона максимуму трансгрессии соответствуют пелагические отложения – силициты зеленовато-серые с редкими глинистыми прослоями (фациальный тип ХА).

Следует отметить, что как в мелководных, так и в глубоководных разрезах на максимуме трансгрессии не отмечено существенного обогащения отложений органическим веществом и раннедиагенетическими сульфидами, которое можно было бы интерпретировать как следствие эвксинных условий. Вероятно, “бескислородное событие Dasberg”, отмечаемое в ряде европейских разрезов, было региональным и не связанным с экспансией океанических вод. Изотопно-геохимические данные по разрезу р. Силова-Яха демонстрируют вариации в

изотопном составе карбонатного углерода, аналогичные зафиксированным в североамериканских разрезах. Вероятной причиной изменений $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ в этом интервале являются изменения климата и глобальной океанической циркуляции.

Конодонты в глубоководных разрезах показывают снижение таксономического разнообразия на трансгрессии эвстатического события Dasberg. Ведущую роль в уменьшении таксономического разнообразия конодонтов, по мнению авторов, играет тафономический фактор.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Груздев Д.А., Плотицын А.Н., Журавлев А.В., Антропова Е.В., Ерофеевский А.В. (2020) Лымбадьяхинская свита верхнего девона севера Пай-Хойского карбонатного паравтохтона: новые данные. *Изв. Коми НЦ УрО РАН*, **41**(1), 5-15.
- Еременко Н.М., Журавлев А.В. (2013) Литолого-генетическая типизация среднепалеозойских глубоководных отложений. Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории. Мат-лы VII Всерос. литол. совещ. Т. I. Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 290-294.
- Журавлев А.В. (2008) Стратиграфическая характеристика верхнедевонских отложений среднего течения р. Кары (ЮЗ Пай-Хой). *Нефтегазовая геология. Теория и практика*, **3**(4), URL: http://www.ngtp.ru/rub/2/48_2008.pdf
- Журавлев А.В. (2012а) Седиментационная модель области сочленения Елецкой и Лемвинской формационных зон Приполярного Урала в пограничном девонско-каменноугольном интервале. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*, **7**(4), URL: http://www.ngtp.ru/rub/2/59_2012.pdf
- Журавлев А.В. (2012б) Тафономия конодонтовых элементов в позднедевонско-раннекаменноугольных турбидитах севера Урала и Пай-Хоя. *Литосфера*, **3**(1), 14-21.
- Журавлев А.В. (2019) Динамика таксономического разнообразия конодонтов в позднем девоне–раннем карбоне (фаменский–серпуховский века). *Литосфера*, **19**(1), 81-91. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2019-19-1-81-91>
- Журавлев А.В., Герасимова А.И., Вевель Я.А. (2015) Местная стратиграфическая схема верхнедевонско-среднекаменноугольного интервала севера Пай-Хойского карбонатного паравтохтона. *Вестн. ИГ Коми НЦ УрО РАН*, **4**(4), 8-13.
- Плотицын А.Н. (2016) Корреляционные уровни в верхнем фамене и турне севера Урала и гряды Чернышева. *Вестн. ИГ Коми НЦ УрО РАН*, **7**(7), 46-53.
- Плотицын А.Н., Вевель Я.А. (2019) Биостратиграфия верхнедевонско-нижнекаменноугольных отложений опорного разреза на р. Кожим (Приполярный Урал) по конодонтам. *Нефтегазовая геология. Теория и практика*, **14**(3), http://www.ngtp.ru/rub/2019/25_2019.html DOI https://doi.org/10.17353/2070-5379/25_2019
- Algeo T.J., Berner R.A., Maynard J.B., Scheckler S. (1995) Late Devonian oceanic anoxic events and biotic crises:

- “Rooted” in the evolution of vascular plants. *GSA Today*, **5**(3), 64-66.
- Becker R.T. (1993) Anoxia, eustatic changes, and Upper Devonian to Lowermost Carboniferous global ammonoid diversity. *The Ammonoidea: Environment, Ecology, and Evolutionary Change*. (Ed. M.R. House). Spec. vol. 47, 115-164.
- Becker R.T., Ashouri A.R., Yazdi M. (2004) The Upper Devonian *Annulata* Event in the Shotori Range (eastern Iran). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, **231**, 119-143.
- Becker R.T., Kaiser S.I., Aretz M. (2016) Review of chrono-, litho- and biostratigraphy across the global Hangenberg Crisis and Devonian–Carboniferous Boundary. Devonian Climate, Sea Level and Evolutionary Events. (Eds R.T. Becker, P. Königshof, C.E. Brett). *J. Geol. Soc.*, **423**, 355-386.
- Calner M. (2008) Silurian global events – at the tipping point of climate change. Mass extinctions. (Ed. M.T. Ashraf). Berlin; Heidelberg, Springer-Verlag, 21-58.
- Carmichael S.K., Waters J.A., Suttner T.J., Kido E., DeReuil A.A. (2014) A new model for the Kellwasser Anoxia Events (Late Devonian): Shallow water anoxia in an open oceanic setting in the Central Asian Orogenic Belt. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **399**, 394-403.
- Hartenfels S., Becker R.T. (2009) Timing of the global Dasberg Crisis – implications for Famennian eustasy and chronostratigraphy. *Studies in Devonian Stratigraphy: Proc. 2007 Int. Meet. of the Subcommittee on Devonian Stratigraphy and IGCP 499. Palaeontogr. Amer.*, **63**, 69-95.
- Irwin M.L. (1965) General theory of epeiric clear water sedimentation. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, **49**, 445-459.
- Jeppsson L. (1990) An oceanic model for lithological and faunal changes tested on the Silurian record. *J. Geol. Soc.*, **147**, 663-674.
- Johnson M.E. (2006) Relationship of Silurian sea-level fluctuations to oceanic episodes and events. *GFF*, **128**, 115-121.
- Johnson J.G., Klapper G., Sandberg C.A. (1985) Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **96**, 567-587.
- Kaiser S.I., Aretz M., Becker R.T. (2015) The global Hangenberg Crisis (Devonian–Carboniferous transition): review of a first-order mass extinction. *Devonian Climate, Sea Level and Evolutionary Events*. (Ed. R.T. Becker, P. Königshof, C.E. Brett). *Geol. Soc., London, Spec. Publ.*, **423**.
- Kaiser S.I., Becker R.T., Spaletta C., Steuber T. (2009) High-resolution conodont stratigraphy, biofacies, and extinctions around the Hangenberg Event in pelagic successions from Austria, Italy, and France. *Palaeontogr. Amer.*, **63**, 99-143.
- Kaiser S.I., Becker R.T., Steuber T., Aboussalam Z.S. (2011) Climate-controlled mass extinctions, facies, and sea-level changes around the Devonian–Carboniferous boundary in the eastern Anti-Atlas (SE Morocco). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **310**, 340-364.
- Kumpan T., Bábek O., Kalvoda J., Matys G.T., Frýda J., Becker R.T., Hartenfels S. (2015) Petrophysical and geochemical signature of the Hangenberg Events: an integrated stratigraphy of the Devonian–Carboniferous boundary interval in the Northern Rhenish Massif (Avalonia, Germany). *Bull. Geosci.*, **90**(3), 667-694.
- Pisarzowska A., Becker R.T., Aboussalam Z.S., Szczerba M., Sobieć K., Kremer B., Owocki K., Racki G. (2020) Middlesex/punctata event in the Rhenish Basin (Padberg section, Sauerland, Germany) – Geochemical clues to the early-middle Frasnian perturbation of global carbon cycle. *Glob. Planet. Change*, **191**, DOI: 10.1016/j.gloplacha.2020.103211
- Pisarzowska A., Racki G. (2020) Comparative carbon isotope chemostratigraphy of major Late Devonian biotic crises. *Stratigr. Timescal.*, **5**, 387-466.
- Qie W., Algeo T.J., Herrmann A. (2019) Global events of the Late Paleozoic (Early Devonian to Middle Permian): A review. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, (531), 109-259.
- Sandberg C.A., Morrow J.R., Ziegler W. (2002) Late Devonian sea-level changes, catastrophic events, and mass extinctions. *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond*. (Ed. C. Koeberl, K.G. MacLeod). Boulder. *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, **356**, 473-487.
- Smith M.G., Bustin R.M. (2000) Late Devonian and Early Mississippian Bakken and Exshaw Black Shale Source Rocks, Western Canada Sedimentary Basin: A Sequence Stratigraphic Interpretation. *AAPG Bull.*, **84**(7), 940-960.
- Stock C.W., Sandberg C.A. (2019) Latest Devonian (Famennian, expansa Zone) conodonts and sponge-microbe symbionts in Pinyon Peak Limestone, Star Range, southwestern Utah, lead to reevaluation of global Dasberg Event. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **534**, 109-271.
- Walliser O.H. (1996) Global events in the Devonian and Carboniferous. *Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic*. (Ed. O.H. Walliser). Berlin; Heidelberg, Springer-Verlag, 225-250.
- Zatoń M., Zhuravlev A.V., Rakociński M., Filipiak P., Borszcz T., Krawczyński W., Wilson M.A., Sokiran E.V. (2014) Microconchid-dominated cobbles from the Upper Devonian of Russia: Opportunism and dominance in a restricted environment following the Frasnian–Famennian biotic crisis. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **401**, 142-153. DOI: 10.1016/j.palaeo.2014.02.029
- Ziegler W., Sandberg C.A. (1984) Palmatolepis – based revision of upper part of standard Late Devonian conodont zonation. *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, **196**, 179-194.

REFERENCES

- Algeo T.J., Berner R.A., Maynard J.B., Scheckler S. (1995) Late Devonian oceanic anoxic events and biotic crises: “Rooted” in the evolution of vascular plants. *GSA Today*, **5**(3), 64-66.
- Becker R.T. (1993) Anoxia, eustatic changes, and Upper Devonian to Lowermost Carboniferous global ammonoid diversity. *The Ammonoidea: Environment, Ecology, and Evolutionary Change*. (Ed. M.R. House). Spec. vol. 47, 115-164.
- Becker R.T., Ashouri A.R., Yazdi M. (2004) The Upper Devonian *Annulata* Event in the Shotori Range (eastern Iran). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, **231**, 119-143.
- Becker R.T., Kaiser S.I., Aretz M. (2016) Review of chrono-, litho- and biostratigraphy across the global Hangenberg Crisis and Devonian–Carboniferous Boundary. Devonian Climate, Sea Level and Evolutionary Events. (Ed. R.T. Becker, P. Königshof, C.E. Brett). *J. Geol. Soc.*, **423**, 355-386.
- Calner M. (2008) Silurian global events – at the tipping point of climate change. Mass extinctions. (Ed. M.T. Ashraf). Berlin; Heidelberg, Springer-Verlag, 21-58.
- Carmichael S.K., Waters J.A., Suttner T.J., Kido E., DeReuil A.A. (2014) A new model for the Kellwasser Anoxia Events (Late Devonian): Shallow water anoxia in an open oceanic setting in the Central Asian Orogenic Belt. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **399**, 394-403.
- Hartenfels S., Becker R.T. (2009) Timing of the global Dasberg Crisis – implications for Famennian eustasy and chronostratigraphy. *Studies in Devonian Stratigraphy: Proc. 2007 Int. Meet. of the Subcommittee on Devonian Stratigraphy and IGCP 499. Palaeontogr. Amer.*, **63**, 69-95.
- Irwin M.L. (1965) General theory of epeiric clear water sedimentation. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, **49**, 445-459.
- Jeppsson L. (1990) An oceanic model for lithological and faunal changes tested on the Silurian record. *J. Geol. Soc.*, **147**, 663-674.
- Johnson M.E. (2006) Relationship of Silurian sea-level fluctuations to oceanic episodes and events. *GFF*, **128**, 115-121.
- Johnson J.G., Klapper G., Sandberg C.A. (1985) Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **96**, 567-587.
- Kaiser S.I., Aretz M., Becker R.T. (2015) The global Hangenberg Crisis (Devonian–Carboniferous transition): review of a first-order mass extinction. *Devonian Climate, Sea Level and Evolutionary Events*. (Ed. R.T. Becker, P. Königshof, C.E. Brett). *Geol. Soc., London, Spec. Publ.*, **423**.
- Kaiser S.I., Becker R.T., Spaletta C., Steuber T. (2009) High-resolution conodont stratigraphy, biofacies, and extinctions around the Hangenberg Event in pelagic successions from Austria, Italy, and France. *Palaeontogr. Amer.*, **63**, 99-143.
- Kaiser S.I., Becker R.T., Steuber T., Aboussalam Z.S. (2011) Climate-controlled mass extinctions, facies, and sea-level changes around the Devonian–Carboniferous boundary in the eastern Anti-Atlas (SE Morocco). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **310**, 340-364.
- Kumpan T., Bábek O., Kalvoda J., Matys G.T., Frýda J., Becker R.T., Hartenfels S. (2015) Petrophysical and geochemical signature of the Hangenberg Events: an integrated stratigraphy of the Devonian–Carboniferous boundary interval in the Northern Rhenish Massif (Avalonia, Germany). *Bull. Geosci.*, **90**(3), 667-694.
- Pisarzowska A., Becker R.T., Aboussalam Z.S., Szczerba M., Sobieć K., Kremer B., Owocki K., Racki G. (2020) Middlesex/punctata event in the Rhenish Basin (Padberg section, Sauerland, Germany) – Geochemical clues to the early-middle Frasnian perturbation of global carbon cycle. *Glob. Planet. Change*, **191**, DOI: 10.1016/j.gloplacha.2020.103211
- Pisarzowska A., Racki G. (2020) Comparative carbon isotope chemostratigraphy of major Late Devonian biotic crises. *Stratigr. Timescal.*, **5**, 387-466.
- Qie W., Algeo T.J., Herrmann A. (2019) Global events of the Late Paleozoic (Early Devonian to Middle Permian): A review. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, (531), 109-259.
- Sandberg C.A., Morrow J.R., Ziegler W. (2002) Late Devonian sea-level changes, catastrophic events, and mass extinctions. *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond*. (Ed. C. Koeberl, K.G. MacLeod). Boulder. *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, **356**, 473-487.
- Smith M.G., Bustin R.M. (2000) Late Devonian and Early Mississippian Bakken and Exshaw Black Shale Source Rocks, Western Canada Sedimentary Basin: A Sequence Stratigraphic Interpretation. *AAPG Bull.*, **84**(7), 940-960.
- Stock C.W., Sandberg C.A. (2019) Latest Devonian (Famennian, expansa Zone) conodonts and sponge-microbe symbionts in Pinyon Peak Limestone, Star Range, southwestern Utah, lead to reevaluation of global Dasberg Event. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **534**, 109-271.
- Walliser O.H. (1996) Global events in the Devonian and Carboniferous. *Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic*. (Ed. O.H. Walliser). Berlin; Heidelberg, Springer-Verlag, 225-250.
- Zatoń M., Zhuravlev A.V., Rakociński M., Filipiak P., Borszcz T., Krawczyński W., Wilson M.A., Sokiran E.V. (2014) Microconchid-dominated cobbles from the Upper Devonian of Russia: Opportunism and dominance in a restricted environment following the Frasnian–Famennian biotic crisis. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **401**, 142-153. DOI: 10.1016/j.palaeo.2014.02.029
- Ziegler W., Sandberg C.A. (1984) Palmatolepis – based revision of upper part of standard Late Devonian conodont zonation. *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, **196**, 179-194.

- il A.A. (2014) A new model for the Kellwasser Anoxia Events (Late Devonian): Shallow water anoxia in an open oceanic setting in the Central Asian Orogenic Belt. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **399**, 394-403.
- Eremenko N.M., Zhuravlev A.V. (2013) Lithological-geometric typization of the Middle Paleozoic deep-water deposits. *Sedimentary basins, sedimentation and post-sedimentation processes in geological history. Materialy VII Vseros. Lithol. Soveshch. V. 1.* Novosibirsk, INGG SB RAS, 290-294. (In Russ.)
- Gruzdev D., Plotitsyn A.N., Zhuravlev A.V., Antropova E.V., Erofeevsky A.V. (2020) Lymbada formation of the Upper Devonian of north of Pay-Khoy carbonate parautochthone: new data. *Izv. Komi SC UB RAS*, **41**(1), 5-15. (In Russ.)
- Hartenfels S., Becker R.T. (2009) Timing of the global Dasberg Crisis – implications for Famennian eustasy and chronostratigraphy. *Studies in Devonian Stratigraphy: Proc. 2007 Int. Meet. of the Subcommittee on Devonian Stratigraphy and IGCP 499. Palaeontogr. Amer.*, **63**, 69-95.
- Irwin M.L. (1965) General theory of epeiric clear water sedimentation. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, **49**, 445-459.
- Jeppsson L. (1990) An oceanic model for lithological and faunal changes tested on the Silurian record. *J. Geol. Soc.*, **147**, 663-674.
- Johnson M.E. (2006) Relationship of Silurian sea-level fluctuations to oceanic episodes and events. *GFF*, **128**, 115-121.
- Johnson J.G., Klapper G., Sandberg C.A. (1985) Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **96**, 567-587.
- Kaiser S.I., Aretz M., Becker R.T. (2015) The global Hangenberg Crisis (Devonian–Carboniferous transition): review of a first-order mass extinction. *Devonian Climate, Sea Level and Evolutionary Events*. (Ed. R.T. Becker, P. Konigshof, C.E. Brett). *Geol. Soc., London, Spec. Publ.*, **423**.
- Kaiser S.I., Becker R.T., Spaletta C., Steuber T. (2009) High-resolution conodont stratigraphy, biofacies, and extinctions around the Hangenberg Event in pelagic successions from Austria, Italy, and France. *Palaeontogr. Amer.*, **63**, 99-143.
- Kaiser S.I., Becker R.T., Steuber T., Aboussalam Z.S. (2011) Climate-controlled mass extinctions, facies, and sea-level changes around the Devonian–Carboniferous boundary in the eastern Anti-Atlas (SE Morocco). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **310**, 340-364.
- Kumpan T., Bábek O., Kalvoda J., Matys G.T., Frýda J., Becker R.T., Hartenfels S. (2015) Petrophysical and geochemical signature of the Hangenberg Events: an integrated stratigraphy of the Devonian–Carboniferous boundary interval in the Northern Rhenish Massif (Avalonia, Germany). *Bull. Geosci.*, **90**(3), 667-694.
- Pisarzowska A., Becker R.T., Aboussalam Z.S., Szczerba M., Sobieñ K., Kremer B., Owocik K., Racki G. (2020) Middlesex/punctata event in the Rhenish Basin (Padberg section, Sauerland, Germany) – Geochemical clues to the early-middle Frasnian perturbation of global carbon cycle. *Glob. Planet. Change*, **191**, DOI: 10.1016/j.gloplacha.2020.103211
- Pisarzowska A., Racki G. (2020) Comparative carbon isotope chemostratigraphy of major Late Devonian biotic crises. *Stratigr. Timescal.*, **5**, 387-466.
- Plotitsyn A.N. (2016) Correlation levels in upper Famennian–Tournaisian deposits of the north of Urals and Cheryshev swell. *Vestn. IG Komi SC UB RAS*, **7**, 46-53. (In Russ.) DOI: 10.19110/2221-1381-2016-7-46-53
- Plotitsyn A.N., Vevel Ya.A. Conodonts of the Devonian–Carboniferous boundary deposits of Kozhim River key section (Subpolar Urals). *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, **14**(3). (In Russ.) http://www.ngtp.ru/rub/2019/25_2019.html DOI https://doi.org/10.17353/2070-5379/25_2019
- Qie W., Algeo T.J., Herrmann A. (2019) Global events of the Late Paleozoic (Early Devonian to Middle Permian): A review. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, (531), 109-259.
- Sandberg C.A., Morrow J.R., Ziegler W. (2002) Late Devonian sea-level changes, catastrophic events, and mass extinctions. *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond*. (Ed. C. Koeberl, K.G. MacLeod). Boulder. *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, **356**, 473-487.
- Smith M.G., Bustin R.M. (2000) Late Devonian and Early Mississippian Bakken and Exshaw Black Shale Source Rocks, Western Canada Sedimentary Basin: A Sequence Stratigraphic Interpretation. *AAPG Bull.*, **84**(7), 940-960.
- Stock C.W., Sandberg C.A. (2019) Latest Devonian (Famennian, expansa Zone) conodonts and sponge-microbe symbionts in Pinyon Peak Limestone, Star Range, southwestern Utah, lead to reevaluation of global Dasberg Event. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **534**, 109-271.
- Walliser O.H. (1996) Global events in the Devonian and Carboniferous. *Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic*. (Ed. O.H. Walliser). Berlin; Heidelberg, Springer-Verlag, 225-250.
- Zatoń M., Zhuravlev A.V., Rakociński M., Filipiak P., Borszcz T., Krawczyński W., Wilson M.A., Sokiran E.V. (2014) Microconchid-dominated cobbles from the Upper Devonian of Russia: Opportunism and dominance in a restricted environment following the Frasnian–Famennian biotic crisis. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, **401**, 142-153, DOI: 10.1016/j.palaeo.2014.02.029
- Zhuravlev A.V. (2008) Stratigraphic characteristic of the Upper Devonian deposits in the Kara river middle course (SW Pay-Khoy). *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, **3**(4), URL: http://www.ngtp.ru/rub/2/48_2008.pdf (In Russ.)
- Zhuravlev A.V. (2012a) Sedimentation model of the transitional zone from the Elets to Lemva Formation Belts (Devonian–Carboniferous boundary, Cis-Polar Ural). *Neftegazovaya Geologiya. Teoriya i Praktika*, **7**(4), URL: http://www.ngtp.ru/rub/2/59_2012.pdf (In Russ.)
- Zhuravlev A.V. (2012b) Conodont element taphonomy in the Late Devonian–Early Carboniferous turbidites of the north of Urals and Pay-Khoy. *Lithosphere (Russia)*, (3), 14-21. (In Russ.)
- Zhuravlev A.V. (2019) Dynamics of the conodont diversity in the Late Devonian–Early Carboniferous (Famennian–Serpukhovian). *Lithosphere (Russia)*, **19**(1), 81-91. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2019-19-1-81-91>
- Zhuravlev A.V., Gerasimova A.I., Vevel Ya.A. (2015) Local stratigraphical map of Upper Devonian–Middle Carboniferous interval of Northern Pay Khoy carbonate parautochthone. *Vestn. IG Komi SC UB RAS*, (4), 8-13. (In Russ.)
- Ziegler W., Sandberg C.A. (1984) Palmatolepis – based revision of upper part of standard Late Devonian conodont zonation. *Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.*, **196**, 179-194.