

Проявление глобальных событий франского века позднего девона в разрезах Тимано-Североуральского региона

Соболева М. А., Соболев Д. Б.

ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар
matusha.888@mail.ru
dbsobolev@rambler.ru

Аннотация

В разрезах франского яруса верхнего девона Тимано-Североуральского региона зафиксированы пять глобальных событий: Genundewa, Semichatovae, Lower Kellwasser, Upper Kellwasser, а также ранне-среднефранское углерод-изотопное событие (EMF CIE). Проявления этих событий прослеживаются в различных фациальных зонах шельфа, что формирует надежный изохронный абиотический каркас и существенно повышает потенциал межрегиональной и глобальной корреляций. Высокая эффективность комплексного подхода, основанного на интеграции литологических, изотопно-геохимических и палеонтологических маркеров, позволила детализировать региональную стратиграфическую схему.

Ключевые слова:

франский ярус, верхний девон, Тимано-Североуральский регион, событийная стратиграфия, стратиграфическая корреляция, углеродные изотопные аномалии

Введение

Глобальные события являются результатом сложного взаимодействия процессов абиотической (тектонические, магматические, эвстатические, климатические и др. изменения) и биотической (эволюционные, экологические и др. изменения) природы. При этом биотические перестройки тесно связаны с абиотическими факторами и контролируются ими, отражая каскадный отклик морских экосистем на резкие изменения окружающей среды.

Верхнедевонские глобальные события различной природы и масштаба подробно освещены в многочисленных публикациях [1–20 и др.]. В пределах Тимано-Североуральского региона степень изученности событий в этом стратиграфическом интервале является неравномерной. Наиболее детально охарактеризованы крупнейшие глобальные биотические кризисы – Kellwasser (верхняя часть франского яруса) и Hangenberg (верхняя часть фанменского яруса) [21–27 и др.]. В то же время другие собы-

Manifestation of global events of the Frasnian of the Late Devonian in the Timan-Northern Urals region sections

Soboleva M. A., Sobolev D. B.

Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS,
Syktyvkar
matusha.888@mail.ru
dbsobolev@rambler.ru

Abstract

Five global events within the Frasnian successions of the Timan-Northern Urals Region are documented: the Genundewa, the Semichatovae, the Lower Kellwasser, the Upper Kellwasser, and the Early-Middle Frasnian Carbon Isotope Event (EMF CIE). Manifestations of these events can be traced across various shelf facies zones, establishing a reliable isochronous abiotic framework and significantly enhancing the potential for interregional and global correlation. The high efficiency of an integrated approach combining lithological, isotope-geochemical, and paleontological markers has enabled the refinement of the regional stratigraphic scheme.

Keywords:

Frasnian, Upper Devonian, Timan-Northern Urals region, event stratigraphy, stratigraphic correlation, carbon isotope anomalies

тия (более низкого порядка) рассматриваются реже или не изучаются. К ним, в частности, относятся ниже-среднефранское событие Genundewa (интервал конодонтовых зон FZ 2–FZ 3) и средне-верхнефранское событие Semichatovae (интервал конодонтовых зон FZ 10–FZ 11). В связи с этим назрела необходимость систематизации имеющихся данных по ключевым глобальным событиям франского интервала в регионе и их проявлению в различных фациальных зонах. Такой событийный каркас может дополнить региональные стратиграфические схемы и наметить дальнейшие направления их совершенствования.

В основу настоящего исследования легли материалы авторов, а также других специалистов, полученные при изучении разрезов Тимано-Североуральского региона (рис. 1). Работа базируется на комплексном подходе, включающем детальный биостратиграфический анализ (преи-

мущественно по конодонтам), а также литолого-фациальные и изотопно-геохимические исследования ($\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$).

Результаты и их обсуждение

Значительная часть франских глобальных событий обусловлена масштабными трансгрессиями, приводившими к распространению бескислородных условий на шельфе и развитию аноксии в фотической зоне. В Тимано-Североуральском регионе отчетливо фиксируются следы таких событий, как Genundewa, Semichatovae, Lower и Upper Kellwasser. Кроме того, в нижне-среднефранском подъярусе распознаются изотопно-геохимические аномалии, обладающие потенциалом глобальной корреляции. Следы этих событий прослеживаются в различных зонах шельфа (рис. 2).

Раннефранское событие Genundewa впервые описано в разрезах Северной Америки [32]. Данный интервал интерпретируется как трансгрессивное бескислородное событие [5, 32]. С трансгрессивной фазой события связано масштабное смещение береговой линии, приведшее к значительному удалению источников сноса обломочного материала, что спровоцировало седиментационное голодание в глубоководных зонах шельфа [32]. Т. Беккер с соавторами [1] классифицировали событие Genundewa как второстепенное с точки зрения степени эвстатического проявления и биотических изменений.

Литологически событие представлено стилиолиновыми известняками Lower и Upper Genundewa, разделенными поверхностью перерыва. В типовом разрезе Нью-Йорка известняки Lower Genundewa с разрывом ложатся на черные аргиллиты формации Penn Yan и содержат конодонты зоны FZ 2, а известняки Upper Genundewa – зоны FZ 3 [29, 33]. Их фациальными аналогами считаются известняки Squaw Bay в Мичигане, содержащие большое разнообразие гониатитов, стилиолин и конодентов [34].

Следы раннефранского события Genundewa зафиксированы в северо-западной Австралии [35] и не имеют никакого подтверждения в Западной Европе [2]. В Тимано-Североуральском регионе событие имеет широкое распространение в различных фациальных поясах и проявлено как начальная фаза обширной саргаевской трансгрессии, которой предшествовал региональный перерыв [36]. В отложениях, условно относимых нами к углубленной части мелководного шельфа и формировавшихся между базами нормальных и штормовых волн (разрез на р. Ухте, Южный Тиман), следы события дополнительно распознаются по биотическим изменениям (смена конодонтовых биофаций с полигнатидной на полигнатидно-анцироделловую, вспышка видообразования и патологических форм конодентов, смена ассоциаций брахиопод, остракод, рыб и палинокомплексов) [37–45 и др.]. Трансгрессивная фаза события проявлена двумя сокращенными трансгрессивно-регрессивными циклитами, разделенными поверхностью перерыва (рис. 3). Основание нижнего циклита сопоставляется с начальной фазой цикла Джонсона IIb2 [39–41]. Новые изотопные данные по углероду показали



Рисунок 1. Расположение разрезов с установленными проявлениями глобальных событий в Тимано-Североуральском регионе.

Примечание. ★ обозначены разрезы: 1 – Малая Уса; 2 – Пымвашор; 3 – Кожым; 4 – Большая Надота; 5 – Ухта.

Figure 1. Location of sections with established manifestations of global events in the Timan-Northern Urals region.

Note. ★ indicates the sections: 1 – Malaya Usa, 2 – Pymvashor, 3 – Kozhym, 4 – Bolshaya Nadota, 5 – Ukhta.

незначительные, но все же заметные (до 0,6 ‰) положительные изотопные отклонения $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ (на фоне пониженных предшествующих значений) в интервале конодонтовых зон FZ 2–FZ 3.

В глубоководно-шельфовых отложениях Приполярного Урала событийный интервал Genundewa плохо диагностируется по литологии из-за преимущественно глинистого состава его трансгрессивной части (рис. 3). Максимум трансгрессии представлен пачкой черных аргиллитов с обилием сульфидных стяжений и известняков с рассеянным органическим веществом (разрез на р. Кожым [22]) или двумя прослоями черных аргиллитов, обогащенных органическим веществом (разрез на р. Косью [46]). Непосредственно над ними расположены стилиолино-гониатитовые пелагические известняки, которые сформировались ниже базы штормовых волн в период ослабления поступления в бассейн седиментации глинистого материала. По фауне конодентов эти известняки уверенно коррелируют с известняками Upper Genundewa типовой местности. Вспышка видообразования конодентов в разрезе р. Кожым фиксируется начиная с Upper Genundewa [22]. Новые изотопные данные по углероду (рис. 3) показывают относительно высокоамплитудный (по сравнению с разрезом Южного Тимана) положительный экскурс $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ до 2 ‰ в событийном интервале. Пост-событийный интервал характеризуется низкими значениями $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$.

В мелководных фациях следы события Genundewa редко сохраняются из-за многочисленных разрывов (рис. 3). Лишь в разрезе р. Б. Надота [25], сформировав-

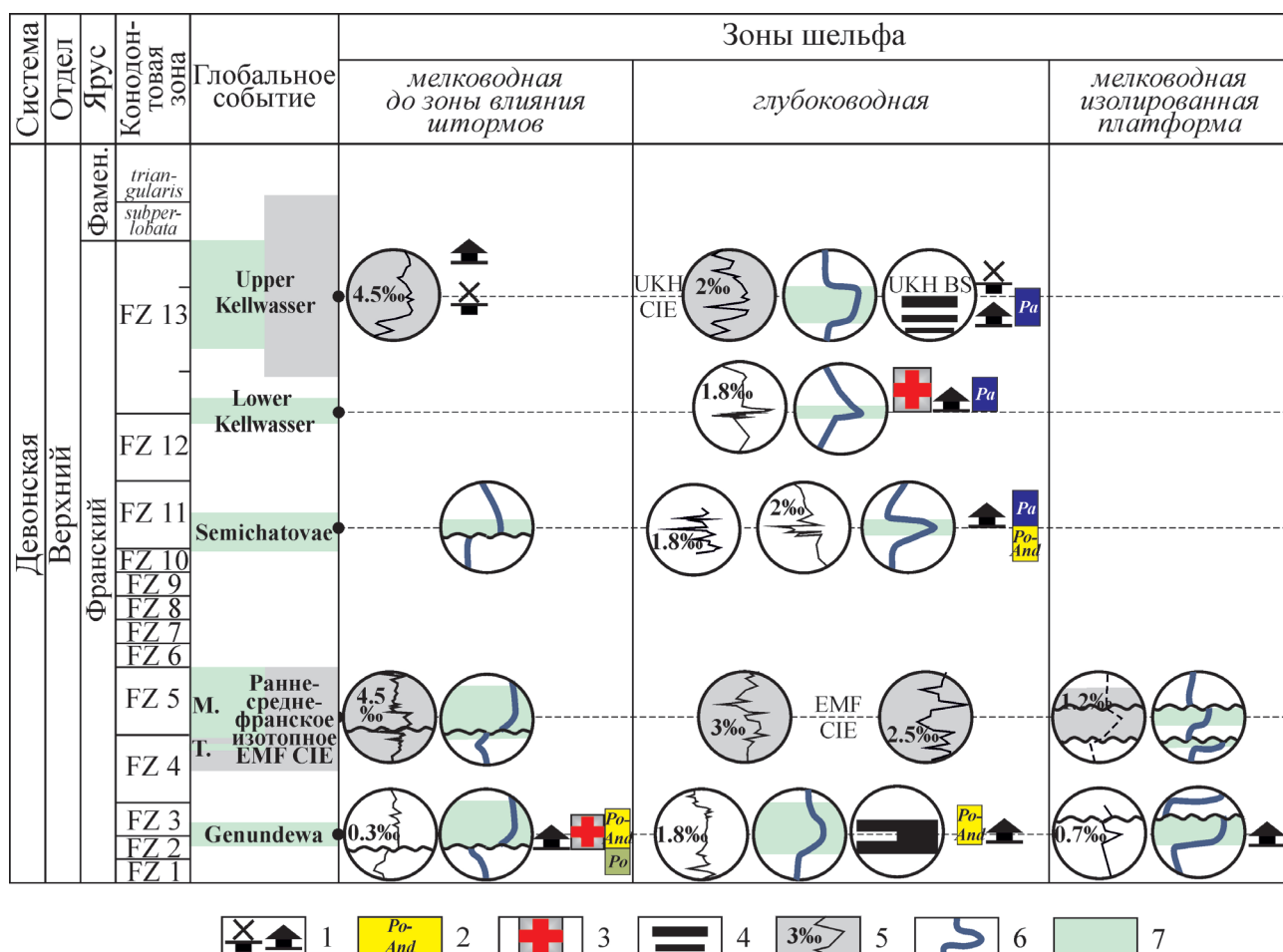


Рисунок 2. Проявление глобальных франских событий в различных фациальных зонах.

Условные обозначения. 1 – уровень массового вымирания и появления новой биоты; 2 – конодонтовые биофации; 3 – уровень с патологическими формами конодонтов; 4 – черные аргиллиты; 5 – изотопный событийный интервал и амплитуда $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$; 6 – эвстатический событийный интервал; 7 – эвстатическое событие. M. – Middlessex; T. – Timan. Здесь и на рис. 6, 7: конодонтовые зоны по: [28–31].

Figure 2. Manifestation of global Frasnian events in various facies belts.

Keys. 1 – level of mass extinction and radiation; 2 – conodont biofacies; 3 – level with pathological forms of conodonts; 4 – black shales; 5 – $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ variations and amplitude; 6 – eustatic event interval; 7 – range of eustatic event. M. – Middlessex; T. – Timan. Here and in Figs 6, 7: conodont zones according to: [28–31].

шемся в пределах мелководной изолированной карбонатной платформы, фиксируется трансгрессия (появление микритовых микрослоистых известняков на крайне мелководном фоне) и биотические изменения (смена ассоциаций конодонтов, исчезновение водорослевых и микробных сообществ, появление брахиопод, криноидей). Существенных изменений соотношений изотопов углерода не наблюдается.

Широкое распространение аналогов известняков Upper Genundewa (на уровне FZ 3) в различных фациальных зонах Тимано-Североуральского региона подтверждает высокий корреляционный потенциал события. Плотные пласты биокластовых или стилиолино-гониатитовых известняков мощностью до 4 м хорошо прослеживаются по коротажным диаграммам в Тиманском регионе [47] и в качестве маркирующего горизонта в Предуральском краевом прогибе и гряде Чернышева, протягиваясь на расстояние не менее 200 км [48].

На Русской платформе и Урале начальная фаза события совпадает с основанием крупного седиментационного цикла – саргаевского горизонта [49, 50], на который при-

ходитсся самая большая площадь распространения морских отложений в девонское время в СВ Лавруссии [36, 51].

Ранне-среднефранское изотопное событие (E-MF isotopic perturbation), известное так же как изотопное событие transitsans-punctata, впервые описано в Свентокшиских горах Польши [11, 12, 52, 53]. Структура данного события представляет собой четырехступенчатое отклонение $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ в верхней части конодонтовой зоны FZ 4 (= transitsans) и зоны FZ 5 (= punctata). На уровне местной конодонтовой зоны Ancyrodella africana-A. pramosica (= верхняя часть зоны FZ 4) отмечается I фаза этого события – начальное положительное отклонение $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ до 1,4 ‰, выше фонового уровня. Затем происходит снижение значений на 2 ‰ (при этом отрицательный сдвиг $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ достигает -1 ‰), что является отражением II фазы события. Основной положительный сдвиг $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ до 5 ‰ (III фаза события) приурочен к верхней части зоны FZ 4 (в некоторых источниках к основанию FZ 5) и уровню трансгрессивного гипоксического события Middlessex/Punctata, эквивалентному начальной фазе цикла IIC [54].

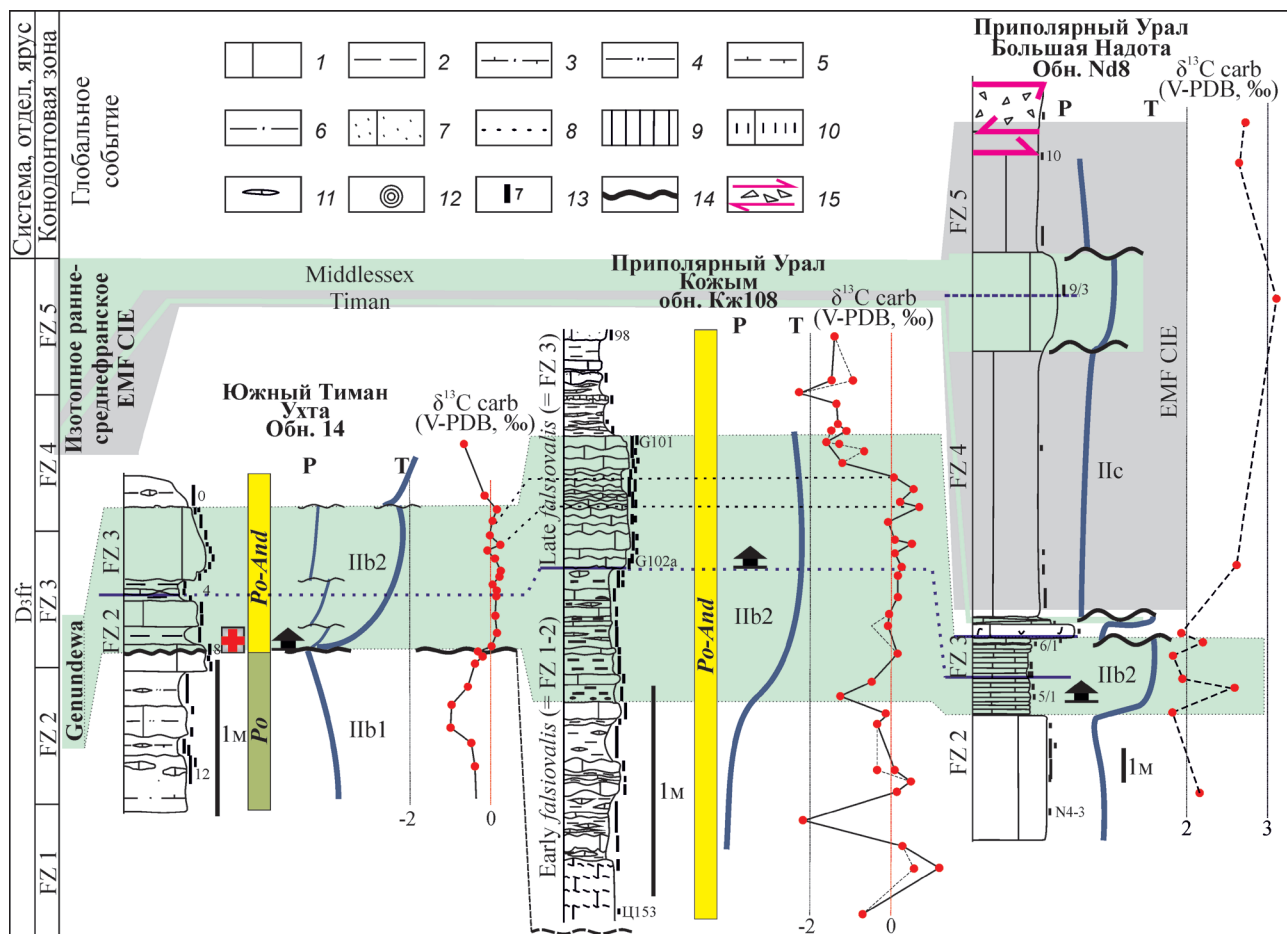


Рисунок 3. Проявление глобального события Genundewa и глобального ранне-среднефранского углерод-изотопного события в разрезах Южного Тимана и Приполярного Урала (по: [22; 25; 39–41; с дополнениями]).

Условные обозначения. Здесь и на рис. 4–6: 1 – известняки; 2 – аргиллиты/глины; 3 – известковистые алевролиты; 4 – песчаные алевролиты; 5 – известковистые аргиллиты/глины; 6 – алевролиты; 7 – песчаные известняки; 8 – песчаники; 9 – кремни; 10 – кремнистые известняки; 11 – линзы известняков; 12 – оолиты; 13 – пробиты; 14 – поверхность размыва; 15 – разрывные нарушения. Конодонтовые зоны по: [28, 29, 31].

Figure 3. Manifestation of the global Genundewa Event and the global Early-Middle Frasnian carbon isotopic event in the Southern Timan and the Subpolar Urals sections (according to [22; 25; 39–41; with additions]).

Keys. Here and in Figs. 4–6: 1 – limestones; 2 – argillites/clays; 3 – calcareous siltstones; 4 – sandy siltstones; 5 – calcareous argillites/clays; 6 – siltstones; 7 – sandy limestones; 8 – sandstones; 9 – cherts; 10 – chert limestones; 11 – limestone lenses; 12 – oolites; 13 – sampling; 14 – erosion surface; 15 – faults. Conodont zones according to: [28, 29, 31].

За главным положительным сдвигом III фазы события следует отрицательный пик завершающей IV фазы события вблизи границы зон FZ 5 и FZ 6. В среднефранских отложениях на гряде Чернышева в конце III фазы был выделен дополнительный положительный экскурс IIIa [55], который сопоставляется с аналогичными отклонениями, зафиксированными в разрезах Китая [56] и Северной Америки [57].

Многофазное углерод-изотопное событие на рубеже конодонтовых зон FZ 4 и FZ 5 представляет собой одно из наиболее масштабных и продолжительных колебаний $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ в палеозое [11, 12, 52, 56, 58]. Данная аномалия обусловлена периодическим усилением водообмена шельфовых бассейнов с открытым океаном в периоды трансгрессивных импульсов Timan и Middlesex/Punctata. Эвтрофикация вод и усиленный приток питательных веществ с суши спровоцировали резкий рост биопродуктивности и повсеместное развитие стойких гипоксичных/аноксичных условий [12].

В Тимано-Североуральском регионе ранне-среднефранское углерод-изотопное событие имеет широкое

распространение в различных фациальных зонах. В пределах мелководной изолированной карбонатной платформы (р. Б. Надота, рис. 3) изотопное событие имеет слабое проявление (амплитуда $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ до 1,2 ‰) и не подразделяется на отдельные эпизоды из-за перерывов в осадконакоплении и недостаточной плотности отбора проб [25].

В отложениях глубоководной зоны шельфа (реки Пымвадор, гряда Чернышева [55], и Кожым, Приполярный Урал [22]) ярко выраженные положительные и отрицательные сдвиги $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ позволяют выделить все фазы изотопного события, включая дополнительный положительный эпизод IIIa (рис. 4). В разрезе Приполярного Урала в верхней части зоны transiens наблюдается постепенное утяжеление значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ от -1,4 до 0,4 ‰, вероятно, соответствующее I фазе этого события, а последующее облегчение до -0,6 ‰ – II фазе. Резкое положительное отклонение $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ до 1,8 ‰ в самой нижней части зоны punctata соответствует III фазе события. Последующие разнонаправленные отклонения, сопоставляемые с главной III фазой события, варьируют от -0,3 до 1,8 ‰. Здесь, так же как

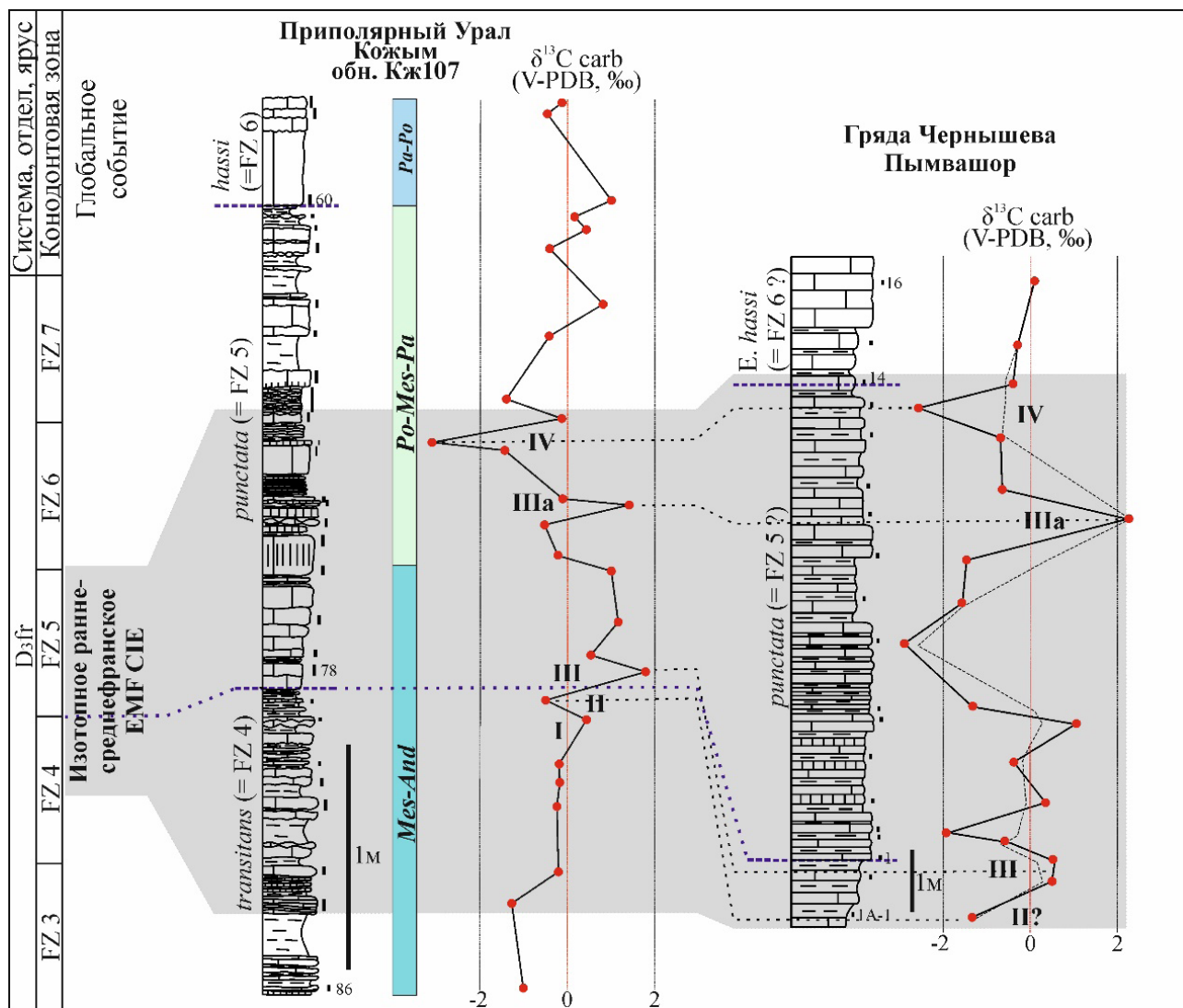


Рисунок 4. Проявление глобального ранне-среднефранского углерод-изотопного события в разрезах Приполярного Урала и гряды Чернышева (по [22, 55; с изменениями]). Здесь и на рис. 5: конодонтовые зоны по: [28, 29, 31].

Figure 4. Manifestation of the global Early-Middle Frasnian carbon isotopic event in the Subpolar Urals and the Chernyshev Ridge sections (according to: [22, 55; with modifications]). Here and in Fig. 5: conodont zones according to: [28, 29, 31].

и в разрезе гряды Чернышева, отчетливо проявлена фаза IIIa с положительным сдвигом до 1,3 ‰. Причиной высоких значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ можно считать формирование карбонатов в условиях повышенной биопродуктивности и цветения фитопланктона (процесс эвтрофикации). Повышенная биопродуктивность косвенно подтверждается присутствием скоплений остатков радиоларий [59, 60]. Последующее резкое облегчение значений углерода до -3,1 ‰ отвечает IV фазе события.

Положительная III фаза изотопного события и предшествующая ему II отрицательная фаза имеют как минимум субглобальный характер распространения. Об этом свидетельствует сходство вариаций изотопного состава углерода в разнофациальных разрезах различных регионов СВ Европы, Китая, западной Сибири [11, 12, 22, 25, 52, 53, 55, 58, 61], подтверждающее высокий корреляционный потенциал ранне-среднефранского изотопного события.

Средне-верхнефранское событие Semichatovae названо в честь конодонтов вида *Palmatolepis semichatovae*,

широко распространившихся во время резкой кратковременной трансгрессии, коррелируемой с начальной фазой трансгрессивно-регрессивного цикла IId, вблизи границы среднего-верхнего франа [17, 18, 54, 62]. Данный таксон считается «криптогенным оппортунистом» и единственным представителем пелагического рода *Palmatolepis*, массово встречающегося в прибрежных мелководных карбонатных разрезах (до 75 %) в пределах конодонтовой зоны Early rhenana [62]. В более глубоководных отложениях их содержание в комплексах конодонтов не превышает 10 % или они вовсе отсутствуют [19, 22, 31, 63]. С трансгрессивной фазой события связываются фаунистический расцвет, внезапное распространение и радиация определенных групп аммонитоидей, брахиопод и конодонтов [19, 64].

В типовом разрезе Мартенберг (Германия), который предлагается как потенциальный глобальный стратотипический разрез и точка (лимитотип) границы (GSSP) среднего-верхнего подъяруса франского яруса, фиксируются два трансгрессивных импульса в среднем фране, еще до первого появления конодонтов *Palmatolepis*

semichatovae. Вторая, основная трансгрессия, привела к значительному распространению этих конодонтов и некоторых аммоноидей [19, 65]. Следы события Semichatovae отмечены в более чем 20 разрезах в различных регионах мира, в том числе Тимано-Североуральском регионе (см. обзор [19]).

В глубоководно-шельфовых отложениях Полярного Урала, формировавшихся вблизи карбонатного мелководного шельфа (разрез на р. М. Усе, рис. 5), фиксируется резкая трансгрессия (пелитоморфные тонко-биокластовые известняки с органическим веществом среди биоинтракластовых известняков), биотические изменения (вспышка видообразования конодонтов и тонкостенных остракод, смена конодонтовых биофацций с полигнатидно-анцироделловой на палматолепидную) [21]. Конодонты *Palmatolepis semichatovae*, совместно с другими среднефранскими переотложенными формами, установлены значительно выше события, на уровне зоны Late rhenana. Новые изотопные данные по углероду показали резкие отрицательные колебания, амплитуда экскурса $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ составляет на событийном интервале до 2 ‰.

В глубоководно-шельфовых отложениях, удаленных от источников сноса и с преобладанием фоновое осадконакопления (разрез на р. Кожым, Приполярный Урал, рис. 5), трансгрессивная фаза события Semichatovae представлена кремнистыми микрозернистыми известняками с прослоями аргиллитов, которые с вероятным размывом перекрываются мелко-грубообломочными известняковыми песчаниками [22]. Биотические изменения выражены в повышенном видообразовании конодонтов и смене палматолепидно-полигнатидной биофацции на палматолепидную. Появление конодонтов *Palmatolepis semichatovae* фиксируется несколько выше границы ко-

нодонтовой зоны Early rhenana. Новые изотопные данные по углероду показали относительно высокоамплитудный положительный экскурс $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ до 1,8 ‰ [там же].

Следы события Semichatovae зафиксированы также на Южном Тимане, где сирачойская свита трансгрессивно залегает на ветласянской [45, 66]. Отмечаются обилие и разнообразие бентосных организмов (строматопороидей, брахиопод, табулят, ругоз, остракод). В фациальных аналогах сирачойской свиты, в бассейновых фациях лыельской свиты (пачка 2) также зафиксировано заметное повышение уровня моря, с которым связывают появление аммоноидей *Virginoceras ijaschenkoae* и конодонтов *Palmatolepis semichatovae*.

В стратиграфическом отношении событие Semichatovae маркирует границу среднего-верхнего подъяруса франского яруса (интервал конодонтовых зон FZ 10–FZ 11).

Фран-фаменское событие Kellwasser названо в честь долины Кельвассерталь в горах Гарц (Германия), где впервые описаны специфические горизонты черных известняков и сланцев [67, 68]. В классических разрезах Германии (Шмидт, Мартерберг) они выявлены в верхнем подъярусе франского яруса среди цефалоподовых известняков и известны как горизонты/события Lower Kellwasser (LKH) и Upper Kellwasser (UKH) [16, 20, 67]. LKH и UKH представляют собой два «сближенных» глобальных бескислородных события, вызванных кратковременной трансгрессией уровня моря. Максимум трансгрессии приходится на UKH (конец франского века, фаза linguiformis).

Позднедевонское событие/кризис Kellwasser представляет собой глобальное палеоэкологическое изменение первого порядка [1, 2], которое привело к гибели рифовых экосистем и исчезновению до 80 % видов многих

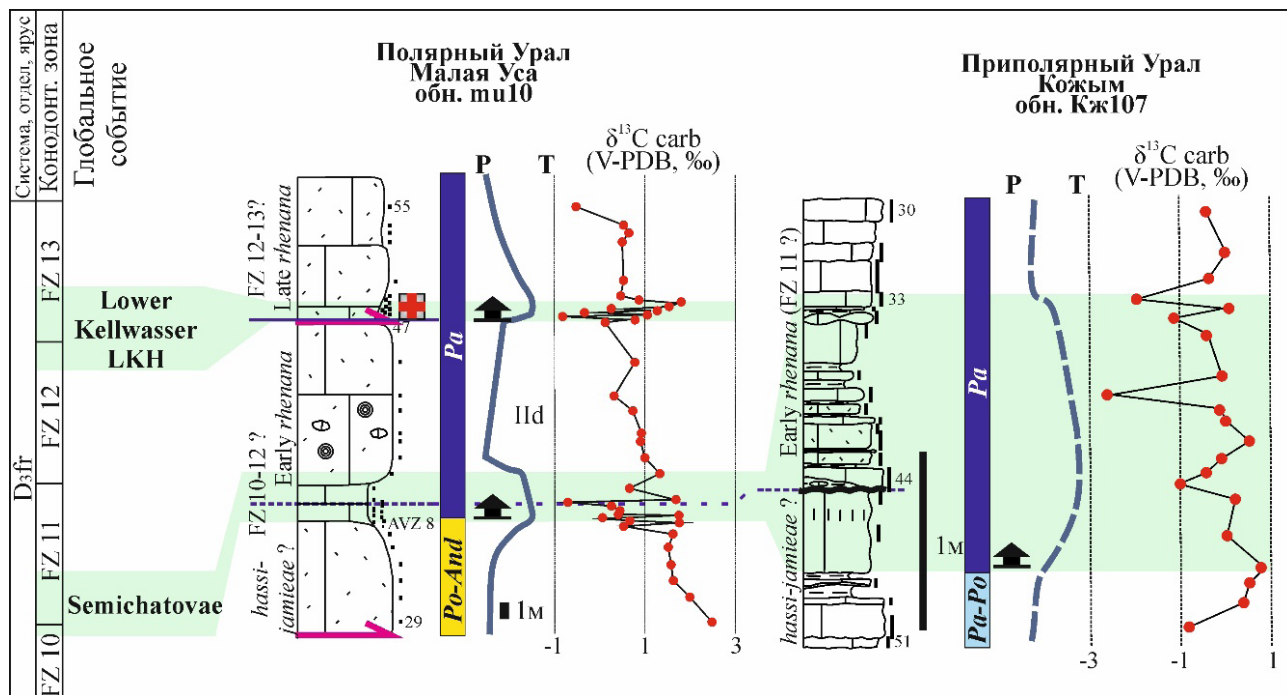


Рисунок 5. Проявление глобальных событий Semichatovae и Lower Kellwasser в разрезах Полярного и Приполярного Урала (по: [21, 22; с изменениями]). Конодонтовые зоны по: [28, 29, 31].

Figure 5. Manifestation of the Semichatovae and Lower Kellwasser global events in the Polar and Subpolar Urals sections (according to: [21, 22; with modifications]). Conodont zones according to: [28, 29, 31].

бентосных, нектонных и планктонных морских организмов [16, 20]. Сокращение биоразнообразия было вызвано как ступенчатым вымиранием, так и снижением темпов видообразования, спровоцированным экспансией инвазивных таксонов вследствие повышения уровня моря [69]. Очевиден многофакторный характер события Kellwasser. Климатические колебания, эвстатические изменения уровня моря, аноксия океана, эвтрофикация поверхностных вод и мн. др. факторы предлагаются в качестве непосредственных причин биотического кризиса [6, 7, 10, 16, 18, 20, 69, 70]. В настоящее время вулканотектоническая активность, связанная с Вилуйской крупной магматической провинцией (LIP) и др., рассматривается как основной триггер массового вымирания в позднем девоне [14, 71, 72]. Общая продолжительность кризисного периода составила 800–1000 тыс. лет [3, 73].

Событие LKN зафиксировано в глубоководно-шельфовых отложениях Полярного Урала (р. М. Уса, рис. 5), сформировавшихся вблизи карбонатного мелководного шельфа [21]. Трансгрессивная фаза события проявлена в снижении содержания обломочного биокластового материала и накоплении преимущественно микритовых известняков с повышенным содержанием органического вещества. Биотические проявления выражены в превалировании палматолепидной биофации и массовом появлении патологических форм конодонтов в зоне Late rhenana. Данный патологический уровень имеет корреляционный потенциал [74]. Новые изотопные данные по углероду показали относительно высокоамплитудный положительный экскурс $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ до 1,8 ‰.

Событие UKN хорошо диагностируется в глубоководно-шельфовых разрезах, в отличие от мелководных, где чаще фиксируются перерывы в осадконакоплении, обусловленные раннефаменской регрессией. Наиболее представительные разрезы расположены на Приполярном Урале [22, 24, 26]. В разрезе р. Кожым зафиксированы UKN BS (интервал черных аргиллитов) и UKN CIE (интервал изотопных отклонений углерода) (рис. 6). UKN BS соответствует трем уровням накопления аноксических черных аргиллитов (зона *linguiformis*), фиксирующих максимум трансгрессии [22, 24]. Изотопное событие UKN CIE соответствует высокоамплитудному положительному экскурсу $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ до 3,5 ‰ в зоне *linguiformis* и последующему снижению значений в фамене. Резкие положительные сдвиги $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ являются результатом усиленного захоронения органического углерода из-за возросшей продуктивности морской среды. Биотические изменения выражены следующим образом: расцвет радиоларий, остракод энтомозоидного типа, конодонтов палматолепидной биофации (зона *linguiformis*), затем резкое снижение видового разнообразия вплоть до полного исчезновения (зона *subperlobata*) и обновление таксономического состава в фамене (зона *triangularis*). По-видимому, интенсивные тектоно-вулканические процессы в конце франского века существенно усилили кризис биоты, способствуя развитию эвтрофикации и аноксии в нестабильном Уральском бассейне.

В мелководных фациях событие UKN зафиксировано в разрезах Пай-Хойского карбонатного паравтохтона

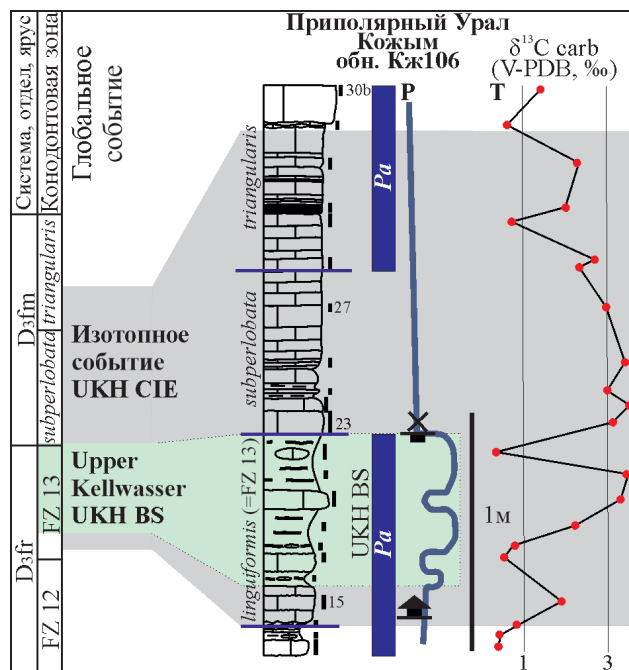


Рисунок 6. Проявление глобального события Upper Kellwasser в разрезе Приполярного Урала (по [22, 24]). Конодонтовые зоны по: [28–31].

Figure 6. Manifestation of the Upper Kellwasser global event in the Subpolar Urals section (according to: [22, 24]). Conodont zones according to: [28–31].

(прикровельная часть пырковской толщи) появлением кремнистых микритовых известняков в глинисто-карбонатной толще и исчезновением строматопорово-микробных построек [27]. Косвенное подтверждение эвстатического проявления события UKN имеется в биогермных отложениях Полярного Урала [75]. В мелководных фациях Южного Тимана в пограничном франско-фаменском интервале разреза зафиксирован биотический кризис на фоне аномально низких значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ [76].

В стратиграфическом отношении событие LKN соответствует нижней части конодонтовой зоны Late rhenana (FZ 12 и FZ 13), а событие UKN маркирует границу франского и фаменского ярусов (интервал зон *linguiformis*–*subperlobata*).

Выводы

Таким образом, в Тимано-Североуральском регионе отчетливо фиксируются следы глобальных франских событий, таких как Genundewa, Semichatovae, Lower и Upper Kellwasser, а также распознаются углерод-изотопные аномалии, обладающие высоким потенциалом для региональной и глобальной корреляций. Все они прямо или косвенно связаны с трансгрессивными импульсами, приводившими к широкому распространению бескислородных условий и, как следствие, биотическим перестройкам морских экосистем, выраженных в резкой смене комплексов конодонтов, остракод, аммоноидей, брахиопод и др., вплоть до глобального позднефранского кризиса Kellwasser.

Следы глобальных событий прослеживаются в разрезах широкого фациального спектра: от мелководного шельфа, включая комплексы мелководной изолированной

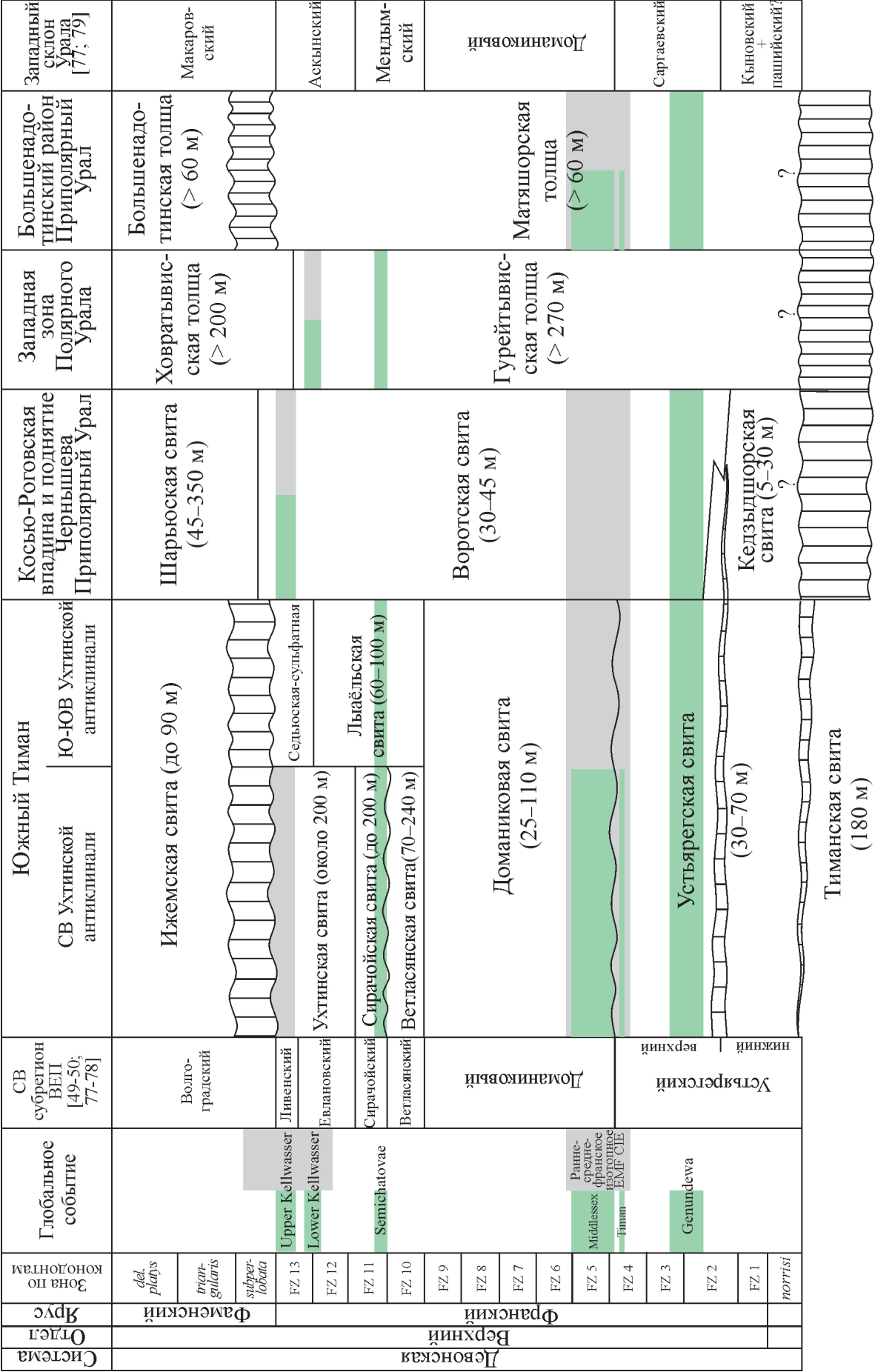


Рисунок 7. Стратиграфическая схема франского яруса верхнего девона Тимано-Северного Урала. Конодонтовые зоны по: [28–31].
Figure 7. Stratigraphic scheme of the Upper Devonian in the Timan-Northern Urals Region. Conodont zones according to: [28–31].

платформы, до глубоководно-шельфовых впадин. Выявлены некоторые закономерности. В частности, событие Genundewa и ранне-среднефранское изотопное событие (EMF CIE) в разной степени проявлены во всех фациальных поясах. На Русской платформе и Урале начальная фаза события Genundewa совпадает с основанием крупного седиментационного цикла – саргаевского горизонта. Плотные пласты биокластовых или стилиолино-гониатитовых известняков (= Upper Genundewa) прослеживаются по каротажным диаграммам в Тиманском регионе и в качестве маркирующего горизонта в Предуральском крае-вом прогибе и гряде Чернышева, протягиваясь на расстояние не менее 200 км. Таким образом, в регионе событие Genundewa обладает наибольшим корреляционным потенциалом.

Изотопное ранне-среднефранское событие наиболее проявлено в относительно глубоководных фациях Приполярного Урала и гряды Чернышева и представляет собой четырехступенчатое отклонение $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ (амплитуда – до 3 ‰), сходное с аналогичными аномалиями в различных регионах мира.

В свою очередь, следы позднефранского события Upper Kellwasser также отчетливо фиксируются в глубоководно-шельфовых отложениях. Данный уровень имеет четкое литологическое выражение в виде «черносланцевого горизонта», резкое изотопное отклонение $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ (амплитуда – до 2 ‰), а завершается биотическим кризисом – массовым вымиранием на границе франского и фаменского ярусов.

Указанные изотопно-геохимические и седиментационные перестройки четко верифицируются по конодонтам. На событийных уровнях в изученных разрезах отмечаются изменения в конодонтовых биофациях (Genundewa, Semichatovae) и резкие всплески видообразования (Genundewa, Semichatovae, LKH), сменяющиеся массовым вымиранием таксонов на рубеже UKH. Появление патологических форм конодентов (Genundewa, LKH) служит дополнительным биостратиграфическим маркером событий.

Рассмотренные нами глобальные события в разной степени сочетают в себе седиментологические, изотопно-геохимические и палеонтологические маркеры. Комплексный подход формирует надежную основу для высококорреляционной региональной корреляции, а также для сопоставления местных стратиграфических подразделений с общей стратиграфической шкалой (ОСШ) [77–79] (рис. 7). В частности, событие Genundewa является надежным хроностратиграфическим маркером регионального подразделения – саргаевского горизонта, основание которого следует проводить по поверхности регионального перерыва или в начальной фазе трансгрессивно-регрессивного цикла IIb2 по [54].

Анализ изученности глобальных событий в регионе выявил крайне слабую освещенность таких проявлений, как событие Timan и Middlesex (рис. 7). С последним совпадают подошва доманикового горизонта и начало накопления доманикоидных отложений на Южном Тимане. Данный рубеж исследован недостаточно и требует пристального внимания ввиду его высокой значимости для прогноза не-

фтегазоматеринских толщ. Кроме того, с этим стратиграфическим уровнем связаны некоторые противоречия при корреляции. В первую очередь это обусловлено тем, что появление доманикоидной фации не означает автоматического соответствия доманиковому горизонту. Подобное расхождение невозможно разрешить без детального биостратиграфического и литолого-фациального анализа, а также выбора более корректного критерия для проведения подошвы данного регионального подразделения.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источники и литература

1. Becker, R. T. Devonian climate, sea level and evolutionary events: an introduction / R. T. Becker, P. Königshof, C. E. Brett // *Devonian Climate, Sea Level and Evolutionary Events* // Geological Society, Special Publications. – 2016. – Vol. 423. – P. 1–10.
2. Becker, R. T. Devonian and Lower Carboniferous global events in the central Variscan orogen / R. T. Becker // *The Variscan Orogen of Central Europe, Regional Geology Reviews*. (Ed. U. Linnemann). – 2025. – P. 889–978.
3. Timing and pacing of the Late Devonian mass extinction event regulated by eccentricity and obliquity / D. De Vleeschouwer, A.-C. Da Silva, M. Sinnesael [et al.] // *Nature Communications*. – 2017. – Vol. 8. – P. 1–11.
4. George, A. D. Oxidic facies and the Late Devonian mass extinction, Canning Basin, Australia / A. D. George, N. Chow, K. M. Trinajstić // *Geology*. – 2014. – Vol. 42. – P. 327–330.
5. House, M. R. Strength, timing, setting and cause of mid-Palaeozoic extinctions / M. R. House // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2002. – Vol. 181. – P. 5–25.
6. Huang, C. Did climate changes trigger the Late Devonian Kellwasser Crisis? Evidence from a high resolution conodont $\delta^{18}\text{OPO4}$ record from South China / C. Huang, M. M. Joachimski, Y. Gong // *Earth and Planetary Sciences Letters*. – 2018. – Vol. 495. – P. 174–184.
7. Joachimski, M. M. Anoxic events in the late Frasnian – causes of the Frasnian-Famennian faunal crisis? / M. M. Joachimski, W. Buggisch // *Geology*. – 1993. – Vol. 21. – P. 675–678.
8. Kaiser, S. I. The global Hangenberg Crisis (Devonian–Carboniferous transition): review of a first-order mass extinction / S. I. Kaiser, M. Aretz, R. T. Becker // *Geological Society, London, Special Publications*. – 2016. – Vol. 423. – P. 387–437.
9. The Late Devonian Frasnian-Famennian Event in South China – Patterns and causes of extinctions, sea level changes, and isotope variations / X. P. Ma, Y. Gong, D. Chen [et al.] // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2016. – Vol. 448. – P. 224–244.
10. McGhee, G. R. Extinction: Late Devonian mass extinction / G. R. McGhee, G. Racki // *Paleontology*. – 2021. – Vol. 2. – P. 1–8.
11. Pisarzowska, A. Isotopic chemostratigraphy across the Early-Middle Frasnian transition (Late Devonian) on the

- South Polish carbonate shelf: A reference for the global punctata Event / A. Piszarszewska, G. Racki // *Chemical Geology*. – 2012. – Vol. 334. – P. 199–220.
12. Middlesex/punctata Event in the Rhenish Basin (Padberg section, Sauerland, Germany) – Geochemical clues to the early-middle Frasnian perturbation of global carbon cycle / A. Piszarszewska, R. T. Becker, Z. S. Aboussalam [et al.] // *Global and Planetary Change*. – 2020. – Vol. 191. – P. 103211.
 13. Global events of the Late Paleozoic (Early Devonian to Middle Permian): A review / W. K. Qie, T. Algeo, G. M. Luo, A. Herrmann // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2019. – Vol. 531 (109259). – P. 1–15.
 14. Racki, G. A volcanic scenario for the Frasnian–Famennian major biotic crisis and other Late Devonian global changes: More answers than questions? / G. Racki // *Global and Planetary Change*. – 2020. – Vol. 189. – P. 10317.
 15. Racki, G. Big 5 mass extinctions / G. Racki // In: Alderton, D., Elias, S.A. (Eds.), *Encyclopedia of Geology*. – Oxford: Academic Press, 2021. – Vol. 3. – P. 603–616.
 16. Schindler, E. Die Kellwasser-Krise (hohe Frasnian-Stufe, Ober-Devon) / E. Schindler // *Selbstverlag der Geologischen Institute der Georg-August-Universität Göttingen*. – 1990. – 115 p.
 17. Late Frasnian mass extinction: conodont event stratigraphy, global changes, and possible causes / C. A. Sandberg, W. Ziegler, R. Dreesen, J. L. Butler // *Contribution 1: Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. – 1988. – Vol. 102. – P. 263–307.
 18. Sandberg, C. A. Late Devonian sea-level changes, catastrophic events, and mass extinctions // *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond* / C. A. Sandberg, J. R. Morrow, W. Ziegler // *Geological Society of America Special Paper, Colorado*. – 2002. – Vol. 356. – P. 473–487.
 19. Saupe, F. Refined conodont stratigraphy at Martenberg (Rhenish Massif, Germany) as base for a formal middle/upper Frasnian substage boundary / F. Saupe, R. T. Becker // *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*. – 2022. – Vol. 102. – P. 711–761.
 20. Walliser, O. H. Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic / O. H. Walliser. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1996. – 333 p.
 21. Соболев, Д. Б. Отражение глобальных событий франского века в разрезе западного склона Полярного Урала / Д. Б. Соболев, М. А. Соболева // *Литосфера*. – 2018. – Т. 18, № 3. – С. 341–362.
 22. Соболева, М. А. Разрез франского яруса на р. Кожым (западный склон Приполярного Урала) – результаты биостратиграфических, био-, литофациальных и изотопно-геохимических исследований / М. А. Соболева, Д. Б. Соболев, Н. А. Матвеева // *Нефтегазовая геология. Теория и практика*. – 2018. – Т. 13, № 1. – С. 1–55. – URL: http://www.ngtp.ru/rub/2/2_2018.pdf (дата обращения: 15.05.2026).
 23. Devonian–Carboniferous transition in various facies of Northeast Laurussia (North Urals) / A. N. Plotitsyn, A. V. Zhuravlev, D. B. Sobolev [et al.] // *Palaeoworld*. – 2024. – Vol. 33, № 5. – P. 1281–1297.
 24. Soboleva, M. A. The Late Devonian Upper Kellwasser Event in the deep-water deposits of the western slope of the Subpolar Urals (Kozhym River section) / M. A. Soboleva, D. B. Sobolev // *Bulletin of the Institute of Geology Komi SC UB RAS*. – 2019. – № 11. – P. 9–19.
 25. Soboleva, M. Early Frasnian (Upper Devonian) Genundewa Event in the Bolshaya Nadota River section of the Subpolar Urals (Russia) / M. Soboleva, D. Gruzdev, D. Sobolev, A. Zhuravlev // *Turkish Journal of Earth Sciences*. – 2024. – Vol. 33, № 5. – Article 2. – P. 481–502.
 26. The Frasnian–Famennian events in a deep-shelf succession, Subpolar Urals: biotic, depositional and geochemical records / A. B. Yudina, G. Racki, N. M. Savage [et al.] // *Acta Palaeontologica Polonica*. – 2002. – Vol. 47, № 2. – P. 355–372.
 27. Zhuravlev, A. V. Frasnian–Famennian (Upper Devonian) transition in the northern hemisphere (NE Laurussia and NE Siberia) – an overview / A. V. Zhuravlev, E. V. Sokiran // *Bulletin of Geosciences*. – 2020. – Vol. 95(4). – P. 1–21.
 28. Klapper, G. The Montagne Noire Frasnian (Upper Devonian) conodont succession. Devonian of the world, volume III / G. Klapper // *Paleontology, Paleocology and Biostratigraphy*. – Canada, 1989. – Mem. 4. – P. 449–478.
 29. Klapper, G. Frasnian Late Devonian conodont biostratigraphy in New York: graphic correlation and taxonomy / G. Klapper, W.T. Kirchgasser // *Journal of Paleontology*. – 2016. – Vol. 90 (3). – P. 525–554.
 30. Famennian (Upper Devonian) conodont zonation: revised global standard / C. Spalletta, M. C. Perri, D. J. Over, C. Corradini // *Bulletin of Geosciences*. – 2017. – Vol. 92 (1). – P. 31–57.
 31. Ziegler, W. The Late Devonian standard conodont zonation / W. Ziegler, C. A. Sandberg // *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. – 1990. – Vol. 121. – P. 1–115.
 32. House, M. R. Devonian goniatite biostratigraphy and timing of facies movements in the Frasnian of eastern North America / M. R. House, W. T. Kirchgasser // *Geological Society, London, Special Publications*. – 1993. – Vol. 70. – P. 267–292.
 33. An early Late Devonian bone bed–pelagic limestone succession: The North Evans–Genundewa story / G. C. Baird, W. T. Kirchgasser, D. J. Over, C. E. Brett // *Field Trip Guide for the 74th Annual Meeting of the New York State Geological Association: University at Buffalo*. – Buffalo, New York, 2006. – P. 354–395.
 34. Müller, K. J. Early Late Devonian conodonts from the Squaw Bay Limestone in Michigan / K. J. Müller, D. L. Clark // *Journal of Paleontology*. – 1967. – Vol. 41 (4). – P. 902–919.
 35. Becker, R. T. Devonian goniatite biostratigraphy and timing of facies movements in the Frasnian of the Canning Basin, Western Australia / R. T. Becker, M. R. House, W. T. Kirchgasser // *Geological Society of London, Special Publications*. – 1993. – Vol. 70. – P. 293–321.
 36. Тихомиров, С. В. Этапы осадконакопления девона Русской платформы и общие вопросы развития

- и строения стратисферы / С. В. Тихомиров. – М.: Недра, 1995. – 445 с.
37. Назарова, В. М. *Icriodus multidentatus* sp. nov. и *Icriodus quartadecimensis* sp. nov. – новые виды конодонтов из франского яруса Южного Тимана / В. М. Назарова, М. А. Соболева // Палеонтологический журнал. – 2024. – № 3. – С. 62–71.
 38. Назарова, В. М. Возможные причины патологий и видообразования у конодонтов рода *Icriodus* из устьерегской свиты верхнего девона Южного Тимана / В. М. Назарова, М. А. Соболева // Проблемы палеоэкологии и исторической геоэкологии: труды VI Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти В. Г. Очева. – Киров: Вятский палеонтологический музей, 2025. – С. 70–71.
 39. Соболев, Д. Б. Положение границы тиманской и устьерегской свит на Южном Тимане / Д. Б. Соболев, М. А. Соболева, Ю. С. Симакова // Вестник геонаук. – 2021. – № 12 (324). – С. 16–28.
 40. Соболев, Д. Б. Остракоды и конодонты устьерегской свиты стратотипической местности (нижний фран, Южный Тиман) / Д. Б. Соболев, М. А. Соболева, И. О. Евдокимова // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2022. – Т. 17, № 4. – С. 1–28. – URL: https://ngtp.ru/upload/iblock/26b/48_2022.pdf (дата обращения: 15.05.2026).
 41. Соболев, Д. Б. Остракодовая зональность живетско-франского пограничного интервала в Тимано-Североуральском регионе / Д. Б. Соболев, М. А. Соболева, И. О. Евдокимова // Литосфера. – 2023. – Т. 23, № 3. – С. 348–366.
 42. Соболева, М. А. Особенности морфологии икриодусов (конодонты) из стратотипического разреза устьерегской свиты Южного Тимана (франский ярус, верхний девон) / М. А. Соболева, В. М. Назарова // Микропалеонтология: фундаментальные проблемы и вклад в региональное геологическое изучение недр: труды XVIII Всероссийского микропалеонтологического совещания. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2023. – С. 273–277.
 43. Соболева, М. А. Новые раннефранские конодонты *Icriodus aqua* sp. nov. и *I. lacrima* sp. nov. из устьерегской свиты Южного Тимана, Россия / М. А. Соболева, В. М. Назарова // Палеонтологический журнал. – 2025. – № 2. – С. 71–80.
 44. Soboleva, M. A. Morphological features of conodonts of the genus *Icriodus* from the Ustyaregskaya Formation (Frasnian, Upper Devonian) of the Southern Timan, Russia / M. A. Soboleva, V. M. Nazarova // Paleontological Journal. – 2024. – Vol. 58 (7). – P. 71–79.
 45. Опорные разрезы франского яруса Южного Тимана. Путеводитель полевой экскурсии Международной подкомиссии по стратиграфии девона (15–22 июля 1994 г., Ухта) / сост.: Ю. А. Юдина, М. Н. Москаленко. – СПб.: ВСЕГЕИ, 1997. – 79 с.
 46. Соболева, М. А. Литология и биостратиграфия разреза франского яруса и пограничных отложений на р. Косью (Приполярный Урал) / М. А. Соболева, Д. Б. Соболев, Н. А. Матвеева // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2018. – Т. 13, № 4. – С. 1–30. – URL: http://www.ngtp.ru/rub/2018/43_2018.html (дата обращения: 15.05.2026).
 47. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Серия Тиманская. Лист Р-39-VI (Ухта) / Ф. Л. Юманов, Н. С. Сиваш, Н. Ф. Иванов, Л. И. Опаренкова [и др.] // Объяснительная записка. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2013. – 251 с.
 48. Деулин, Ю. В. Конодонты и корреляция продуктивных на нефть верхнедевонских отложений Севера Тимано-Печорской провинции / Ю. В. Деулин. – Архангельск: ОАО «Правда Севера», 2006. – 253 с.
 49. Соболев, Д. Б. К вопросу о соотношении тиманского и саргаевского горизонтов (средний-верхний девон) в региональных стратиграфических схемах / Д. Б. Соболев, М. А. Соболева // Совершенствование биостратиграфической основы нефтегазовых комплексов России: материалы Всероссийского совещания (г. Санкт-Петербург, 21–23 мая 2024 г.) – СПб.: Санкт-Петербургский филиал ФГБУ «КНИГИ». – 2024. – С. 141–146.
 50. Соболев, Д. Б. Литологическое строение стратотипа устьерегской свиты (франский ярус, верхний девон) / Д. Б. Соболев, М. А. Соболева // Палеозой России: проблемы региональной стратиграфии и межрегиональной корреляции: материалы Всероссийского совещания с международным участием (г. Санкт-Петербург, 11–14 ноября 2025 г.). – СПб.: ФГБУ «Институт Карпинского» – 2025. – С. 197–200.
 51. Девон Воронежской антеклизы и Московской синеклизы / Г. Д. Родионова, В. Т. Уманова, Л. И. Кононова, Н. С. Овнатанова [и др.]. – М.: Издательство Воронежского университета. – 1995. – 265 с.
 52. Piszarszowska, A. Conodont-based event stratigraphy of the Early-Middle Frasnian transition on the South Polish carbonate shelf / A. Piszarszowska, M. Sobstel, G. Racki // Acta Palaeontologica Polonica. – 2006. – № 51 (4). – P. 609–646.
 53. Geochemical and ecological aspects of lower Frasnian pyrite-goniatite level at Kostomłoty (Holy Cross Mountains, Central Poland) / G. Racki, A. Piechota, D. Bond, P. B. Wignall // Geological Quarterly. – 2004. – Vol. 48 (3). – P. 267–282.
 54. Johnson, J. G. Devonian eustatic fluctuations in Euramerica / J. G. Johnson, G. Klapper, C. A. Sandberg // Geological Society of America Bulletin. – 1985. – Vol. 96. – P. 567–587.
 55. Early-Middle Frasnian (Late Devonian) carbon isotope Event in the Timan-Pechora Basin (Chernyshev Swell, Pymvashor River section, North Cis-Urals, Russia) / I. S. Kotik, A. V. Zhuravlev, T. V. Maydl [et al.] // Geologica Acta. – 2021. – Vol. 19 (3). – P. 1–17.
 56. Isotope and inorganic geochemistry across the Early-Middle Frasnian transition (Late Devonian) on South China carbonate shelf: comparison with the Polish reference / X. P. Ma, C. Y. Wang, M. Racka, G. Racki // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2008. – Vol. 269. – P. 130–151.

57. Carbon isotope chemostratigraphy and precise dating of middle Frasnian (lower Upper Devonian) Alamo Breccia, Nevada, USA / J. R. Morrow, C. A. Sandberg, K. Malkowski, M. M. Joachimski // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2009. – Vol. 282. – P. 105–118.
58. Evidence for a major perturbation of the carbon cycle in the Middle Frasnian punctata conodont Zone / J. Yans, R. M. Corfield, G. Racki, A. Pr  at // *Geological Magazine*. – 2007. – Vol. 144. – P. 263–270.
59. Афанасьева, М. С. Биостратиграфия и палеобиогеография радиолярий девона России / М. С. Афанасьева, Э. О. Амон. – М.: ПИН РАН, 2012. – 280 с.
60. Афанасьева, М. С. Радиолярии и экологические особенности бассейнов доманикового типа / М. С. Афанасьева // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. – 2000. – № 12. – С. 24–33.
61. C isotopic variations in the lower-middle Frasnian (lower Upper Devonian) of the Rudny Altai / O. P. Izokh, N. G. Izokh, S. V. Saraev, G. A. Dokukina // *Geological Magazine*. – 2015. – Vol. 152 (3). – P. 565–571.
62. Sandberg, C. A. Upper Devonian of Western United States / C. A. Sandberg, F. G. Poole, J. G. Johnson // *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir, In Devonian of the World*, N. J. McMillan, A. F. Embry, D. J. Glass (Eds.). – 1989. – Vol. 14 (I). – P. 183–220.
63. Ziegler, W. Utility of Palmatolepids and Icriodontids in recognising Upper Devonian Series, Stage, and possible Substage boundaries / W. Ziegler, C. A. Sandberg // *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. – 2000. – Vol. 225. – P. 335–347.
64. Denayer, J. Facies and palaeoecology of the upper member of the Aisemont Formation (Late Frasnian, S. Belgium): an unusual episode within the late frasnian crisis / J. Denayer, E. Poty // *Geologica Belgica*. – 2010. – 13/3. – P. 197–212.
65. Becker, R. T. New early Upper Devonian (Frasnian) goniatite genera and the evolution of the “Gephurocerataceae” / R. T. Becker, M. R. House // *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen*. – 1993. – E9. – P. 111–133.
66. Reef episodes, anoxia and sea-level changes in the Frasnian of the southern Timan (NE Russian Platform) / M. R. House, V. V. Menner, R. T. Becker [et al.] // *Carbonate Platform Systems: Components and Interactions* // Geological Society, London, Special Publications. – 2000. – Vol. 178. – P. 147–176.
67. Die Typlokalit  t der Kellwasser-Horizonte im Oberharz, Deutschland / M. Gereke, F. W. Luppold, M. Piecha [et al.] // *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft f  r Geowissenschaften*. – 2014. – Vol. 165 (2). – P. 145–162.
68. Roemer, F. A. Beiträge zur geologischen Kenntniss des norwestlichen Harzgebirges / F. A. Roemer // *Palaentographica*. – 1850. – Vol. 3. – 298 p.
69. Stigall, A. A. Speciation collapse and invasive species dynamics during the Late Devonian “Mass Extinction” / A. A. Stigall // *GSA Today*. – 2012. – Vol. 22, № 1. – P. 4–9.
70. Murphy, A. E. Eutrophication by decoupling of the marine biogeochemical cycles of C, N, and P: a mechanism for the Late Devonian mass extinction / A. E. Murphy, B. B. Sageman, D. J. Hollander // *Geology*. – 2000. – Vol. 28 (5). – P. 427–430.
71. Mercury enrichments and the Frasnian-Famennian biotic crisis: A volcanic trigger proved? / G. Racki, M. Rakoci  ski, M. Marynowski, P. B. Wignall // *Geology*. – 2018. – Vol. 46 (6). – P. 543–546.
72. Mercury anomalies link to extensive volcanism across the Late Devonian Frasnian-Famennian boundary in South China / C. Deng, W. Liu, Z. Tang [et al.] // *Frontiers in Earth Science*. – 2021. – Vol. 9. – P. 1–9.
73. Anchoring the Late Devonian mass extinction in absolute time by integrating climatic controls and radio-isotopic dating / A. C. Da Silva, M. Sinnesael, P. Claeys [et al.] // *Scientific Reports*. – 2020. – Vol. 10. – P. 12940.
74. Бикбаев, А. З. Патологические формы верхнедевонских конодонтов / А. З. Бикбаев, М. П. Снигирева // *Ежегодник-2002*. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – С. 14–20.
75. Соболева, М. А. Новые данные по конодонтам верхнего девона Полярного Урала (разрез Останцовый, р. Малая Уса) / М. А. Соболева, Д. Б. Соболев // *Ученые записки Казанского университета. Серия «Естественные науки»*. – 2016. – Т. 158, кн. 3. – С. 1–13.
76. Marshall, J. E. A. Ecosystem crisis at the Frasnian-Famennian boundary (Southern Timan) / J. E. A. Marshall, O. P. Telnova, O. S. Vetoshkina // *Doklady Earth Sciences*. – 2011. – Vol. 440. – P. 1396–1398.
77. Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий / отв. ред. А. И. Жамойда. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. – Вып. 38. – 131 с.
78. Решение Межведомственного регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы с региональными стратиграфическими схемами. Девонская система / ред. М. А. Ржонсницкая, В. Ф. Куликова. – Л.: ВСЕГЕИ, 1990. – 60 с.
79. Стратиграфические схемы Урала (докембрий, палеозой) / под ред. Н. Я. Анцыгина, Б. А. Попова, Б. И. Чувашова. – Екатеринбург, 1993.

References

1. Becker, R. T. Devonian climate, sea level and evolutionary events: an introduction / R. T. Becker, P. Konigshof, C. E. Brett // *Devonian Climate, Sea Level and Evolutionary Events* // Geological Society, Special Publications. – 2016. – Vol. 423. – P. 1–10.
2. Becker, R. T. Devonian and Lower Carboniferous global events in the central Variscan orogen / R. T. Becker // *The Variscan Orogen of Central Europe, Regional Geology Reviews*. (Ed. U. Linnemann). – 2025. – P. 889–978.
3. Timing and pacing of the Late Devonian mass extinction event regulated by eccentricity and obliquity / D. De Vleeschouwer, A-C. Da Silva, M. Sinnesael [et al.] // *Nature Communications*. – 2017. – Vol. 8. – P. 1–11.
4. George, A. D. Oxic facies and the Late Devonian mass extinction, Canning Basin, Australia / A. D. George, N. Chow, K. M. Trinajstic // *Geology*. – 2014. – Vol. 42. – P. 327–330.

5. House, M. R. Strength, timing, setting and cause of mid-Palaeozoic extinctions / M. R. House // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2002. – Vol. 181. – P. 5–25.
6. Huang, C. Did climate changes trigger the Late Devonian Kellwasser Crisis? Evidence from a high resolution conodont $\delta^{18}\text{OPO4}$ record from South China / C. Huang, M. M. Joachimski, Y. Gong // *Earth and Planetary Sciences Letters*. – 2018. – Vol. 495. – P. 174–184.
7. Joachimski, M. M. Anoxic events in the late Frasnian – causes of the Frasnian-Famennian faunal crisis? / M. M. Joachimski, W. Buggisch // *Geology*. – 1993. – Vol. 21. – P. 675–678.
8. Kaiser, S. I. The global Hangenberg Crisis (Devonian–Carboniferous transition): review of a first-order mass extinction / S. I. Kaiser, M. Aretz, R. T. Becker // *Geological Society, London, Special Publications*. – 2016. – Vol. 423. – P. 387–437.
9. The Late Devonian Frasnian-Famennian Event in South China – Patterns and causes of extinctions, sea level changes, and isotope variations / X. P. Ma, Y. Gong, D. Chen [et al.] // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2016. – Vol. 448. – P. 224–244.
10. McGhee, G. R. Extinction: Late Devonian mass extinction / G. R. McGhee, G. Racki // *Paleontology*. – 2021. – Vol. 2. – P. 1–8.
11. Pisarzowska, A. Isotopic chemostratigraphy across the Early-Middle Frasnian transition (Late Devonian) on the South Polish carbonate shelf: A reference for the global punctata Event / A. Pisarzowska, G. Racki // *Chemical Geology*. – 2012. – Vol. 334. – P. 199–220.
12. Middlesex/punctata Event in the Rhenish Basin (Padberg section, Sauerland, Germany) – Geochemical clues to the early-middle Frasnian perturbation of global carbon cycle / A. Pisarzowska, R. T. Becker, Z. S. Aboussalam [et al.] // *Global and Planetary Change*. – 2020. – Vol. 191. – P. 103211.
13. Global events of the Late Paleozoic (Early Devonian to Middle Permian): A review / W. K. Qie, T. Algeo, G. M. Luo, A. Herrmann // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2019. – Vol. 531 (109259). – P. 1–15.
14. Racki, G. A volcanic scenario for the Frasnian-Famennian major biotic crisis and other Late Devonian global changes: More answers than questions? / G. Racki // *Global and Planetary Change*. – 2020. – Vol. 189. – P. 10317.
15. Racki, G. Big 5 mass extinctions / G. Racki // In: Alderton, D., Elias, S.A. (Eds.), *Encyclopedia of Geology*. – Oxford: Academic Press, 2021. – Vol. 3. – P. 603–616.
16. Schindler, E. Die Kellwasser-Krise (hohe Frasnian-Stufe, Ober-Devon) / E. Schindler // *Selbstverlag der Geologischen Institute der Georg-August-Universität Göttingen*. – 1990. – 115 p.
17. Late Frasnian mass extinction: conodont event stratigraphy, global changes, and possible causes / C. A. Sandberg, W. Ziegler, R. Dreesen, J. L. Butler // *Contribution 1: Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. – 1988. – Vol. 102. – P. 263–307.
18. Sandberg, C. A. Late Devonian sea-level changes, catastrophic events, and mass extinctions // *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond* / C. A. Sandberg, J. R. Morrow, W. Ziegler // *Geological Society of America Special Paper, Colorado*. – 2002. – Vol. 356. – P. 473–487.
19. Saupe, F. Refined conodont stratigraphy at Martenberg (Rhenish Massif, Germany) as base for a formal middle/upper Frasnian substage boundary / F. Saupe, R. T. Becker // *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*. – 2022. – Vol. 102. – P. 711–761.
20. Walliser, O. H. Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic / O. H. Walliser. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1996. – 333 p.
21. Sobolev, D. B. Otrazheniye globalnykh sobytiy franskogo veka v razreze zapadnogo sklona Polyarnogo Urala [Reflection of global events of the Frasnian age in the section of the western slope of the Polar Urals] / D. B. Sobolev, M. A. Soboleva // *Litosfera [Lithosphere]*. – 2018. – Vol. 18, № 3. – P. 341–362.
22. Soboleva, M. A. Razrez franskogo yarusy na r. Kozhym (zapadnyy sklon Pripolyarnogo Urala) – rezultaty biostratigraficheskikh, bio-, litofatsialnykh i izotopno-geokhimicheskikh issledovaniy [Frasnian Stage section in the Kozym River (western slope of the Subpolar Urals) – Results of biostratigraphic, bio-, lithofacies and isotope-geochemical studies] / M. A. Soboleva, D. B. Sobolev, N. A. Matveeva // *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika [Oil and Gas Geology. Theory and Practice]*. – 2018. – Vol. 13, № 1. – P. 1–55. – URL: http://www.ngtp.ru/rub/2/2_2018.pdf (date of access: 15.05.2026).
23. Devonian-Carboniferous transition in various facies of Northeast Laurussia (North Urals) / A. N. Plotitsyn, A. V. Zhuravlev, D. B. Sobolev [et al.] // *Palaeoworld*. – 2024. – Vol. 33, № 5. – P. 1281–1297.
24. Soboleva, M. A. The Late Devonian Upper Kellwasser Event in the deep-water deposits of the western slope of the Subpolar Urals (Kozhym River section) / M. A. Soboleva, D. B. Sobolev // *Bulletin of the Institute of Geology Komi SC UB RAS*. – 2019. – № 11. – P. 9–19.
25. Soboleva, M. Early Frasnian (Upper Devonian) Genundewa Event in the Bolshaya Nadota River section of the Subpolar Urals (Russia) / M. Soboleva, D. Gruzdev, D. Sobolev, A. Zhuravlev // *Turkish Journal of Earth Sciences*. – 2024. – Vol. 33, № 5. – Article 2. – P. 481–502.
26. The Frasnian-Famennian events in a deep-shelf succession, Subpolar Urals: biotic, depositional and geochemical records / A. B. Yudina, G. Racki, N. M. Savage [et al.] // *Acta Palaeontologica Polonica*. – 2002. – Vol. 47, № 2. – P. 355–372.
27. Zhuravlev, A. V. Frasnian-Famennian (Upper Devonian) transition in the northern hemisphere (NE Laurussia and NE Siberia) – an overview / A. V. Zhuravlev, E. V. Sokiran // *Bulletin of Geosciences*. – 2020. – Vol. 95(4). – P. 1–21.
28. Klapper, G. The Montagne Noire Frasnian (Upper Devonian) conodont succession. Devonian of the world, volume III / G. Klapper // *Paleontology, Paleocology and Biostratigraphy*. – Canada, 1989. – Mem. 4. – P. 449–478.

29. Klapper, G. Frasnian Late Devonian conodont biostratigraphy in New York: graphic correlation and taxonomy / G. Klapper, W.T. Kirchgasser // *Journal of Paleontology*. – 2016. – Vol. 90 (3). – P. 525–554.
30. Famennian (Upper Devonian) conodont zonation: revised global standard / C. Spalletta, M. C. Perri, D. J. Over, C. Corradini // *Bulletin of Geosciences*. – 2017. – Vol. 92 (1). – P. 31–57.
31. Ziegler, W. The Late Devonian standard conodont zonation / W. Ziegler, C. A. Sandberg // *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. – 1990. – Vol. 121. – P. 1–115.
32. House, M. R. Devonian goniatite biostratigraphy and timing of facies movements in the Frasnian of eastern North America / M. R. House, W. T. Kirchgasser // *Geological Society, London, Special Publications*. – 1993. – Vol. 70. – P. 267–292.
33. An early Late Devonian bone bed-pelagic limestone succession: The North Evans-Genundewa story / G. C. Baird, W. T. Kirchgasser, D. J. Over, C. E. Brett // *Field Trip Guide for the 74th Annual Meeting of the New York State Geological Association: University at Buffalo*. – Buffalo, New York, 2006. – P. 354–395.
34. Müller, K. J. Early Late Devonian conodonts from the Squaw Bay Limestone in Michigan / K. J. Müller, D. L. Clark // *Journal of Paleontology*. – 1967. – Vol. 41 (4). – P. 902–919.
35. Becker, R. T. Devonian goniatite biostratigraphy and timing of facies movements in the Frasnian of the Canning Basin, Western Australia / R. T. Becker, M. R. House, W. T. Kirchgasser // *Geological Society of London, Special Publications*. – 1993. – Vol. 70. – P. 293–321.
36. Tikhomirov, S. V. Etapy osadkonakopleniya devona Russkoy platformy i obshchiye voprosy razvitiya i stroeniya stratisfery [Stages of sedimentation of the Devonian of the Russian platform and general issues of the development and structure of the stratosphere] / S. V. Tikhomirov. – Moscow: Nedra, 1995. – 445 p.
37. Nazarova, V. M. *Icriodus multidentatus* sp. nov. i *Icriodus quartadecimensis* sp. nov. – novyye vidy konodontov iz franskogo yarusa Yuzhnogo Timana [*Icriodus multidentatus* sp. nov. and *Icriodus quartadecimensis* sp. nov. – new conodont species from the Frasnian of Southern Timan] / V. M. Nazarova, M. A. Soboleva // *Paleontologicheskii zhurnal* [Paleontological Journal]. – 2024. – № 3. – P. 62–71.
38. Nazarova, V. M. Vozmozhnyye prichiny patologiy i vidobrazovaniya u konodontov roda *Icriodus* iz ustyaregskoy svity verkhnego devona Yuzhnogo Timana [Possible causes of pathologies and speciation in conodonts of the genus *Icriodus* from the Ustyaregskaya Formation of the Upper Devonian of Southern Timan] / V. M. Nazarova, M. A. Soboleva // *Problemy paleoekologii i istoricheskoy geoeologii* [Issues of Paleoecology and Historical Geoeology]. Proceedings of the VI All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of V. G. Ochev. – Kirov: Vyatka Paleontological Museum, 2025. – P. 70–71.
39. Sobolev, D. B. Polozheniye granitsy timanskoy i ustyaregskoy svity na Yuzhnom Timane [Position of the boundary of the Timan and Ustyaregskaya Formations in South Timan] / D. B. Sobolev, M. A. Soboleva, Yu. S. Simakova // *Vestnik geonauk* [Bulletin of Geosciences]. – 2021. – № 12 (324). – P. 16–28.
40. Sobolev, D. B. Ostrakody i konodonty ustyaregskoy svity stratotipicheskoy mestnosti (nizhniy fran, Yuzhnyy Timan) [Ostracods and conodonts of the Ustyaregskaya Formation of the stratotype locality (Lower Frasnian, Southern Timan)] / D. B. Sobolev, M. A. Soboleva, I. O. Evdokimova // *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika* [Oil and Gas Geology. Theory and Practice]. – 2022. – Vol. 17, № 4. – P. 1–28. – URL: https://ngtp.ru/upload/iblock/26b/48_2022.pdf (date of access: 15.05.2026).
41. Sobolev, D. B. Ostrakodovaya zonalnost zhivetsko-franskogo pogranichnogo intervala v Timano-Severouralskom regione [Ostracod zonation of the Givetian-Frasnian boundary interval in the Timan-North Urals region] / D. B. Sobolev, M. A. Soboleva, I. O. Evdokimova // *Litosfera* [Lithosphere]. – 2023. – Vol. 23, № 3. – P. 348–366.
42. Soboleva, M. A. Osobennosti morfologii ikriodusov (konodonty) iz stratotipicheskogo razreza ustyaregskoy svity Yuzhnogo Timana (franskiy yarus, verkhniy devon) [Morphological features of *Icriodus* (conodonts) from the stratotype section of the Ustyaregskaya Formation of the Southern Timan (Frasnian Stage, Upper Devonian)] / M. A. Soboleva, V. M. Nazarova // *Mikropaleontologiya: fundamentalnyye problemy i vklad v regionalnoye geologicheskoye izucheniye nedr* [Micropaleontology: Fundamental Questions and Contribution to Regional Geological Study of the Subsoil]: Proceedings of the XVIII All-Russian Micropaleontological Meeting. – Saint-Petersburg: VSEGEI, 2023. – P. 273–277.
43. Soboleva, M. A. Novyye rannefranskiye konodonty *Icriodus aqua* sp. nov. i *I. lacrima* sp. nov. iz ustyaregskoy svity Yuzhnogo Timana, Rossiya [New Early Frasnian conodonts *Icriodus aqua* sp. nov. and *I. lacrima* sp. nov. from the Ustyaregskaya Formation of Southern Timan, Russia] / M. A. Soboleva, V. M. Nazarova // *Paleontologicheskii zhurnal* [Paleontological Journal]. – 2025. – № 2. – P. 71–80.
44. Soboleva, M. A. Morphological features of conodonts of the genus *Icriodus* from the Ustyaregskaya Formation (Frasnian, Upper Devonian) of the Southern Timan, Russia / M. A. Soboleva, V. M. Nazarova // *Paleontological Journal*. – 2024. – Vol. 58 (7). – P. 71–79.
45. Opornyye razrezy franskogo yarusa Yuzhnogo Timana. Putevoditel polevoy ekskursii Mezhdunarodnoy podkomissii po stratigrafii devona (15–22 iyulya 1994 g., Ukhta) [Frasnian key sections of Southern Timan. Field Trip Guide of the International Subcommittee on Devonian Stratigraphy (July 15–22, 1994, Ukhta)]. / Comp. Yu. A. Yudina, M. N. Moskalenko. – Saint-Petersburg: VSEGEI, 1997. – 79 p.
46. Soboleva, M. A. Litologiya i biostratigrafiya razreza franskogo yarusa i pogranichnykh otlozheniy na r. Kosyu (Pripolyarnyy Ural) [Lithology and biostratigraphy of the

- Frasnian stage section and boundary deposits on the Kosyu River (Subpolar Urals) / M. A. Soboleva, D. B. Sobolev, N. A. Matveeva // *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika* [Oil and Gas Geology. Theory and Practice]. – 2018. – Vol. 13, № 4. – P. 1–30. – URL: http://www.ngtp.ru/rub/2018/43_2018.html (date of access: 15.05.2026).
47. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1: 200000. Seriya Timanskaya. List P-39-VI (Ukhta) [State Geological Map of the Russian Federation. Scale 1: 200000. Timan Series. Sheet P-39-VI (Ukhta)] / F. L. Yumanov, N. S. Sivash, N. F. Ivanov [et al.] // *Obyasnitelnaya zapiska* [Explanatory Note]. – Moscow: MF VSEGEI, 2013. – 251 p.
 48. Deulin, Yu. V. Konodonty i korrelyatsiya produktivnykh na neft verkhnedevonskikh otlozheniy Severa Timano-Pechorskoy provintsii [Conodonts and correlation of oil-producing Upper Devonian deposits in the northern Timan-Pechora province] / Yu. V. Deulin. – Arkhangelsk: OAO “Pravda Severa”, 2006. – 253 p.
 49. Sobolev, D. B. K voprosu o sootnoshenii timanskogo i sargayevskogo gorizontov (sredniy-verkhniy devon) v regionalnykh stratigraficheskikh skhemakh [On the relationship between the Timan and Sargaevsky horizons (Middle-Upper Devonian) in regional stratigraphic schemes] / D. B. Sobolev, M. A. Soboleva // *Sovershenstvovaniye biostratigraficheskoy osnovy neftegazonovnykh kompleksov Rossii* [Improving the Biostratigraphic Basis of Oil and Gas Complexes of Russia]. Proceedings of the All-Russian Conference (Saint-Petersburg, May 21–23, 2024). – Saint-Petersburg: Saint-Petersburg Branch of the FSBI “KNIGI [BOOKS]”, 2024. – P. 141–146.
 50. Sobolev, D. B. Litologicheskoye stroyeniye stratotipa ust'yaregskoy svity (franskiy yarus, verkhniy devon) [Lithological structure of the stratotype of the Ustyarega Formation (Frasnian Stage, Upper Devonian)]. / D. B. Sobolev, M. A. Soboleva // *Paleozoy Rossii: problemy regional'noy stratigrafii i mezhregional'noy korrelyatsii*. Materialy Vserossiyskogo soveshchaniya s mezhdunarodnym uchastiyem (g. Sankt-Peterburg, 11–14 noyabrya 2025 g.) [Paleozoic of Russia: problems of regional stratigraphy and interregional correlation. Proceedings of the All-Russian meeting with international participation (St. Petersburg, November 11–14, 2025)]. – Saint-Petersburg: Karpinsky Institute, 2025. – P. 197–200.
 51. Devon Voronezhskoy anteklizy i Moskovskoy sineklizy [Devon of the Voronezh antecline and Moscow syncline] / G. D. Rodionova, V. T. Umanova, L. I. Kononova [et al.]. – M.: Voronezh University Publicity, 1995. – 265 p.
 52. Pisarzowska, A. Conodont-based event stratigraphy of the Early-Middle Frasnian transition on the South Polish carbonate shelf / A. Pisarzowska, M. Sobstel, G. Racki // *Acta Palaeontologica Polonica*. – 2006. – № 51 (4). – P. 609–646.
 53. Geochemical and ecological aspects of lower Frasnian pyrite-goniatite level at Kostomłoty (Holy Cross Mountains, Central Poland) / G. Racki, A. Piechota, D. Bond, P. B. Wignall // *Geological Quarterly*. – 2004. – Vol. 48 (3). – P. 267–282.
 54. Johnson, J. G. Devonian eustatic fluctuations in Euramerica / J. G. Johnson, G. Klapper, C. A. Sandberg // *Geological Society of America Bulletin*. – 1985. – Vol. 96. – P. 567–587.
 55. Early-Middle Frasnian (Late Devonian) carbon isotope Event in the Timan-Pechora Basin (Chernyshev Swell, Pymvashor River section, North Cis-Urals, Russia) / I. S. Kotik, A. V. Zhuravlev, T. V. Maydl [et al.] // *Geologica Acta*. – 2021. – Vol. 19 (3). – P. 1–17.
 56. Isotope and inorganic geochemistry across the Early-Middle Frasnian transition (Late Devonian) on South China carbonate shelf: comparison with the Polish reference / X. P. Ma, C. Y. Wang, M. Racka, G. Racki // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2008. – Vol. 269. – P. 130–151.
 57. Carbon isotope chemostratigraphy and precise dating of middle Frasnian (lower Upper Devonian) Alamo Breccia, Nevada, USA / J. R. Morrow, C. A. Sandberg, K. Malkowski, M. M. Joachimski // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. – 2009. – Vol. 282. – P. 105–118.
 58. Evidence for a major perturbation of the carbon cycle in the Middle Frasnian punctata conodont Zone / J. Yans, R. M. Corfield, G. Racki, A. Pr  at // *Geological Magazine*. – 2007. – Vol. 144. – P. 263–270.
 59. Afanasyeva, M. S. Biostratigrafiya i paleobiogeografiya radiolyarii devona Rossii [Biostratigraphy and paleobiogeography of radiolarians of the Devonian of Russia] / M. S. Afanasyeva, E. O. Amon. – Moscow: PIN RAS, 2012. – 280 p.
 60. Afanasyeva, M. S. Radiolyarii i ekologicheskiye osobennosti basseynov domanikovogo tipa [Radiolarians and ecological features of Domanik-type basins] / M. S. Afanasyeva // *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy* [Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields]. – 2000. – № 12. – P. 24–33.
 61. C isotopic variations in the lower-middle Frasnian (lower Upper Devonian) of the Rudny Altai / O. P. Izokh, N. G. Izokh, S. V. Saraev, G. A. Dokukina // *Geological Magazine*. – 2015. – Vol. 152 (3). – P. 565–571.
 62. Sandberg, C. A. Upper Devonian of Western United States / C. A. Sandberg, F. G. Poole, J. G. Johnson // *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir, In Devonian of the World*, N. J. McMillan, A. F. Embry, D. J. Glass (Eds.). – 1989. – Vol. 14 (1). – P. 183–220.
 63. Ziegler, W. Utility of Palmatolepids and Icriodontids in recognising Upper Devonian Series, Stage, and possible Substage boundaries / W. Ziegler, C. A. Sandberg // *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*. – 2000. – Vol. 225. – P. 335–347.
 64. Denayer, J. Facies and palaeoecology of the upper member of the Aisemont Formation (Late Frasnian, S. Belgium): an unusual episode within the late frasnian crisis / J. Denayer, E. Poty // *Geologica Belgica*. – 2010. – 13/3. – P. 197–212.
 65. Becker, R. T. New early Upper Devonian (Frasnian) goniatite genera and the evolution of the “Gephurocerataceae” / R. T. Becker, M. R. House // *Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen*. – 1993. – E9. – P. 111–133.

66. Reef episodes, anoxia and sea-level changes in the Frasnian of the southern Timan (NE Russian Platform) / M. R. House, V. V. Menner, R. T. Becker [et al.] // Carbonate Platform Systems: Components and Interactions // Geological Society, London, Special Publications. – 2000. – Vol. 178. – P. 147–176.
67. Die Typlokalität der Kellwasser-Horizonte im Oberharz, Deutschland / M. Gereke, F. W. Luppold, M. Piecha [et al.] // Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften. – 2014. – Vol. 165 (2). – P. 145–162.
68. Roemer, F. A. Beiträge zur geologischen Kenntniss des norwestlichen Harzgebirges / F. A. Roemer // Palaentographica. – 1850. – Vol. 3. – 298 p.
69. Stigall, A. A. Speciation collapse and invasive species dynamics during the Late Devonian “Mass Extinction” / A. A. Stigall // GSA Today. – 2012. – Vol. 22, № 1. – P. 4–9.
70. Murphy, A. E. Eutrophication by decoupling of the marine biogeochemical cycles of C, N, and P: a mechanism for the Late Devonian mass extinction / A. E. Murphy, B. B. Sageman, D. J. Hollander // Geology. – 2000. – Vol. 28 (5). – P. 427–430.
71. Mercury enrichments and the Frasnian-Famennian biotic crisis: A volcanic trigger proved? / G. Racki, M. Rakociński, M. Marynowski, P. B. Wignall // Geology. – 2018. – Vol. 46 (6). – P. 543–546.
72. Mercury anomalies link to extensive volcanism across the Late Devonian Frasnian-Famennian boundary in South China / C. Deng, W. Liu, Z. Tang [et al.] // Frontiers in Earth Science. – 2021. – Vol. 9. – P. 1–9.
73. Anchoring the Late Devonian mass extinction in absolute time by integrating climatic controls and radio-isotopic dating / A. C. Da Silva, M. Sinnesael, P. Claeys [et al.] // Scientific Reports. – 2020. – Vol. 10. – P. 12940.
74. Bikbayev, A. Z. Patologicheskiye formy verkhnedevonskikh konodontov [Pathological forms of Upper Devonian conodonts]. / A. Z. Bikbaev, M. P. Snigireva // Yezhegodnik-2002 [Yearbook 2002]. – Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2003. – P. 14–20.
75. Soboleva, M. A. Novyye dannyye po konodontam verkhnedevonskogo Polyarnogo Urala (razrez Ostantsovy, r. Malaya Usa) [New data on the Upper Devonian conodonts of the Polar Urals (Ostantsovy section, Malaya Usa River)] / M. A. Soboleva, D. B. Sobolev // Uchenyye zapiski Kazanskogo universiteta. Seriya “Yestestvennyye nauki” [Scientific Notes of Kazan University. Natural Sciences Series]. – 2016. – Vol. 158, B. 3. – P. 1–13.
76. Marshall, J. E. A. Ecosystem crisis at the Frasnian-Famennian boundary (Southern Timan) / J. E. A. Marshall, O. P. Telnova, O. S. Vetoshkina // Doklady Earth Sciences. – 2011. – Vol. 440. – P. 1396–1398.
77. Postanovleniya Mezhdovedstvennogo stratigraficheskogo komiteta i yego postoyannykh komissiy [Resolutions of the Interdepartmental Stratigraphic Committee and its standing commissions]. / Ed. A. I. Zhamoyda. – Saint-Petersburg: VSEGEI, 2008. – Is. 38. – 131 p.
78. Resheniye Mezhdovedstvennogo regionalnogo stratigraficheskogo soveshchaniya po srednemu i verkhnemu paleozoyu Russkoy platformy s regionalnymi stratigraficheskimi skhemami. Devonskaya sistema [Resolution of the Interdepartmental Regional Stratigraphic Meeting on the Middle and Upper Paleozoic of the Russian Platform with Regional Stratigraphic Schemes. Devonian System]. / Ed. M. A. Rzhonsnitskaya, V. F. Kulikova. – Leningrad: VSEGEI, 1990. – 60 p.
79. Stratigraficheskiye skhemy Urala (dokembriy, paleozoy) [Stratigraphic schemes of the Urals (Precambrian, Paleozoic)] / ed. N. Ya. Antsygin, B. A. Popov, B. I. Chuvashov. – Ekaterinburg, 1993.

Благодарность (госзадание)

Исследования выполнены в рамках государственного задания Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (№ 122040600008-5).

Авторы благодарят Д. А. Груздева, А. В. Журавлева, А. Н. Плотицына и рецензента за конструктивные замечания и исправления, которые значительно улучшили статью.

Acknowledgements (state task)

The research was carried out within the frames of the state task of the Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS (№ 122040600008-5).

We are grateful to D. A. Gruzdev, A. V. Zhuravlev, A. N. Plotitsyn and the reviewer for constructive comments and corrections, which significantly improved the article.

Информация об авторах:

Соболева Марина Анатольевна – кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Федерального исследовательского центра Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; ORCID: 0009-0001-4904-8107; SPIN-код: 9284-9911 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: matusha.888@mail.ru).

Соболев Дмитрий Борисович – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Института геологии имени академика Н. П. Юшкина Федерального исследовательского центра Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук; ORCID: 0000-0001-7097-2874; SPIN-код: 7950-6881 (167982, Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54; e-mail: dbsobolev@rambler.ru).

About the authors:

Marina A. Soboleva – Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Researcher, Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; ORCID: 0009-0001-4904-8107; SPIN-code: 9284-9911 (54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167982, Russian Federation; e-mail: matusha.888@mail.ru).

Dmitry B. Sobolev – Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), Senior Researcher, Institute of Geology named after academician N. P. Yushkin, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; ORCID: 0000-0001-7097-2874; SPIN-code: 7950-6881 (54 Pervomaiskaya st., Syktyvkar, Komi Republic, 167982, Russian Federation; e-mail: dbsobolev@rambler.ru).

Для цитирования:

Соболева, М. А. Проявление глобальных событий франского века позднего девона в разрезах Тимано-Североуральского региона / М. А. Соболева, Д. Б. Соболев // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Науки о Земле». – 2026. – № 4 (89). – С. 46–62.

For citation:

Soboleva, M. A. Proyavlenie globalnyh sobytij franskogo veka pozdnego devona v razrezah Timano-Severouralskogo regiona [Manifestation of global events of the Frasnian of the Late Devonian in the Timan-Northern Urals region sections] / M. A. Soboleva, D. B. Sobolev // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Earth Sciences". – 2026. – № 4 (89). – P. 46–62.

Дата поступления рукописи: 15.05.2026

Прошла рецензирование: 19.05.2026

Принято решение о публикации: 26.05.2026

Received: 15.05.2026

Reviewed: 19.05.2026

Accepted: 26.05.2026