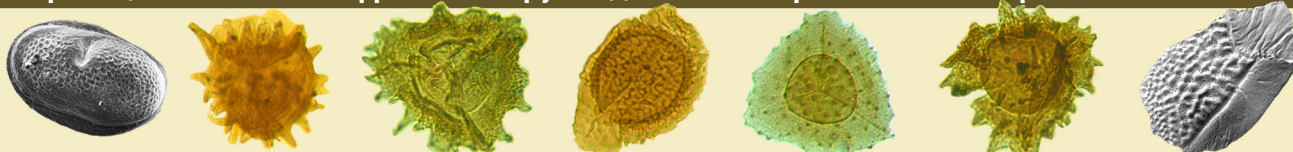


Граница живетского и франского ярусов девона на Европейском Северо-Востоке России



Givetian-Frasnian boundary of the Devonian at the European North-East of Russia

УДК 581.33:551.734.(470.4+574.1)

DOI:10.19110/geov.2023.1.2

Палинологическая зональность живетско-франского стратиграфического интервала в Тимано-Североуральском регионе

О. П. Тельнова, И. Х. Шумилов

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
telnova@geo.komisc.ru; shumilov@geo.komisc.ru

По спорам высших растений детализирована зональная схема расчленения пограничного живетско-франского стратиграфического интервала в Тимано-Североуральском регионе. Палинологические зоны скоррелированы с фаунистическими, в том числе конодонтовыми – ортостратиграфической группой в девоне. Установлена сопряженность выявленных критических рубежей в развитии растительных сообществ с границами подразделений Международной стратиграфической шкалы – отделов и ярусов – и рассмотрены варианты уровня границы среднего и верхнего девона в региональной стратиграфической схеме нового поколения.

Ключевые слова: палинозоны, средний-верхний девон, Тимано-Североуральский регион.

Palynological zonation of the Givetian-Frasnian stratigraphic interval in the Timan-Northern Urals region

O. P. Tel'nova, I. Kh. Shumilov

Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktyvkar

The zonal scheme of the Givetian-Frasnian boundary interval in the Timan-Northern Urals region was detailed according to the higher plants spores. Palynological zones were correlated with faunal, including conodont – orthostratigraphic group in the Devonian. The correlation of the identified critical boundaries in the development of plant communities with the divisions' borders of the International Stratigraphic Scale – series and stages, were established and options for the level of the border of the Middle and Upper Devonian in the regional stratigraphic scheme of the new generation were considered.

Keywords: palynozones, Middle-Upper Devonian, Timan-Northern Urals region.

Актуальность темы обусловлена продолжающейся более 20 лет дискуссией о положении нижней границы франского яруса (соответственно границы среднего и верхнего девона) на территории Восточно-Европейской платформы. Проблема границы живетского и франского ярусов в стратиграфии девона России стала особенно очевидной в связи с решением VI пленума комиссии МСК по девонской системе об использовании в качестве Общей шкалы России международного стратиграфического стандарта с ярусами и границами, принятыми Международной подкомиссией по стратиграфии девона (Постановления..., 1994). Отсутствие в этом пограничном интервале разрезов с полной конодонтовой последовательностью из-за особенностей осадконакопления, отражающих разномасштабные трансгрессивно-регрессивные эпизоды, находки преимущественно транзитных таксонов и неопределенность их страти-

графического распространения создают неоднозначное понимание объемов региональных стратиграфических подразделений среднего-верхнего девона (D₂ – D₃) в схеме стратиграфии девона России. В качестве одного из вариантов решения проблемы можно рассматривать биозональную корреляцию пограничного стратиграфического интервала, и в этом решении ведущую роль могут сыграть результаты палинологического анализа. Известно, что споры и пыльца высших растений разносятся на достаточно большие расстояния и встречаются, правда в ограниченных количествах, даже в океанических глубоководных отложениях. Таким образом, палинологические данные позволяют не только коррелировать разнофациальные отложения в одном регионе, но и проводить межрегиональные корреляции, что необходимо при составлении стратиграфических схем нового поколения.

Для цитирования: Тельнова О. П., Шумилов И. Х. Палинологическая зональность живетско-франского стратиграфического интервала в Тимано-Североуральском регионе // Вестник геонаук. 2023. 1(337). С. 16–22. DOI: 10.19110/geov.2023.1.2

For citation: Tel'nova O. P., Shumilov I. Kh. Palynological zonation of the Givetian-Frasnian stratigraphic interval in the Timan-Northern Urals region. Vestnik of Geosciences. 2023, 1(337), pp. 16–22, doi: 10.19110/geov.2023.1.2



История проблемы

Согласно Решениям Международной подкомиссии по стратиграфии девона (SDS), граница D₂ — D₃ была принята в основании конодонтовой зоны Lower asymmetricus с маркерными видами *Mesotaxis asymmetricus* и *Ancyrodella rotundiloba*. Позднее граница живета — франа предлагалась внутри прежней зоны Lowermost asymmetricus (табл. 1), которая была заменена на зону falsiovalis с подразделением ее на 2 подзоны. Ранняя (Early) подзона характеризуется появлением *Mesotaxis falsiovalis*. В поздней (Late) подзоне этот вид существует совместно с видом *Mes. asymmetricus* — маркером подзоны (Ziegler, Sandberg, 1990). В последних вариантах конодонтовых шкал основание подзоны Early falsiovalis коррелируется с основанием зоны *Skeletognathus norrisi*, установленной в верхней части живетского яруса (Becker et al., 2020; Klapper, Johnson, 1990).

В настоящее время конодонтовая зональность пограничного интервала для глубоководных разрезов (марокканские разрезы Анти-Атласа в местности Tafilalt и Ampriu в арагонских Пиренеях Испании) существенно детализирована и увязана с аммоноидной шкалой (Aboussalam, Becker, 2007; Becker et al., 2020). Для корреляции разрезов мелководных фаций разработаны региональные конодонтовые зональности на основе эволюции родов *Icriodus*, *Ancyrodella*, *Polygnathus*. История изучения пограничного стратиграфического интервала в представляемой статье детально не рассматривается, поскольку уже неоднократно описывалась в других публикациях (Артюшкова и др., 2022; Тельнова, 2007; Ovnatanova et al., 2017).

В унифицированных стратиграфических схемах палеозоя Русской платформы и западного склона Урала граница среднего-верхнего девона признавалась в подошве пашийского горизонта, соответствующей «стандартной» зоне *Schmidtognathus hermanni* — *Polygnathus cristatus* конодонтовой шкалы. В пашийском горизонте, сложенном терригенными образованиями, конодонты неизвестны (Состояние..., 2008), поэтому отложения пашийского горизонта включались в состав кыновского горизонта в качестве базальных слоев. Палинологическая характеристика этих стратиграфических подразделений приведена Е. В. Чибриковой (Чибрикова, 1962).

В Тимано-Североуральском регионе аналогом верхней части кыновского горизонта является тиманский. Согласно решению Межведомственного регионального стратиграфического совещания, тиманский горизонт расчленен на два подгоризонта (в типовой местности им соответствуют подсвиты одноименной свиты) (Состояние..., 2008).

Отложения нижней части тиманской свиты неизвестны в естественных обнажениях и вскрываются только скважинами, керн которых в настоящее время в большей части утерян. Нижнетиманская подсвита соответствует брахиоподовой зоне *Uchtospirifer nalivkini*, остракодовой *Ornatella multiplex* и палинозоне *Calyptosporites bellus* — *Densosporites meyeriae*, охарактеризована индифферентным комплексом конодонтов (полигинатидная ассоциация) (Тельнова, 2007).

Стратотипом верхнетиманской подсвиты являются естественные выходы по правому берегу р. Ухты (Ухтинский район). Разрез сложен глинами шоколадно-коричневыми и зеленовато-серыми с прослоями

алевролитов, песчаников и известняков. Подсвита соответствует брахиоподовой зоне *Uchtospirifer timanicus*, остракодовой *Cavellina devoniana*, местной конодонтовой зоне *Ancyrodella binodosa*, палинозонам *Perotrites vermiculatus* — *Calyptosporites domanicus* и *Densosporites sorokinii* (Тельнова, 2007).

По находкам *Ancyrodella* в низах устьярегской свиты и в нижележащих отложениях верхнетиманской подсвиты можно допустить, что граница живетского и франского ярусов находится внутри тиманского горизонта (несмотря на отсутствие данных по корреляции нижнетиманской подсвиты с зоной Early falsiovalis). В материалах из разрезов гряды Чернышева и Приполярного Урала эта точка зрения (о границе в подошве верхнетиманского подгоризонта) также находит свое подтверждение (Ovnatanova et al., 2017).

Верхняя часть устьярегской свиты (саргаевский горизонт), сложенная плотными микритовыми известняками без кварцевого материала, с маломощными прослоями известковистых аргиллитов, резко отличается от всех нижележащих терригенных отложений. Трансгрессивное залегание этой пачки на подстилающих терригенных отложениях отвечает новому этапу осадконакопления и критериям выделения границ свит (на Среднем Тимане в стратиграфическом объеме устьярегской свиты соответственно выделены две свиты) (Тельнова, Шумилов, 2019). Несмотря на то, что этот этап осадконакопления хорошо прослеживается не только в пределах региона, важен для межрегиональных корреляций и может служить литобиостратиграфическим репером, положение этого уровня границы слишком высокое и не отвечает рекомендациям Международной подкомиссии по стратиграфии девонской системы.

Инструментом для корреляции глубоководных и мелководных отложений девона служит палинологический метод. Как известно, споры и пыльца высших растений разносятся на достаточно большие расстояния и могут встречаться в разнофациальных отложениях. Но наиболее благоприятными для палиностратиграфических построений являются континентальные и прибрежно-морские отложения. Поэтому последнее десятилетие проводились палинологические исследования на Среднем Тимане (площадь исследований 1500 тыс. км), где отложения обсуждаемого стратиграфического интервала широко представлены в естественных обнажениях многочисленных рек (Тельнова, Шумилов, 2019; Шумилов, Тельнова, 2017). Здесь установлена последовательность палинокомплексов (ПК), проведена их корреляция с комплексами из мелководно-шельфовых фаций Южного Тимана.

Этот новый материал существенно дополнил ранее уже проведенные палиностратиграфические исследования (Тельнова, 2007): в живетско-франском интервале была описана последовательность палинокомплексов, которая позволила провести региональные построения и межрегиональные палиностратиграфические корреляции. Установленный фитостратиграфический рубеж в основании верхнетиманского подгоризонта соответствует границе ярусов, принимаемой по мелководным полигинатидам — *Polygnathus pennatus*, *Polygnathus ljaschenkoii* и др. на Южном Тимане (Ovnatanova et al., 2017).

Новые реалии — необходимость определения точного регионального уровня современной границы яру-

Таблица 1. Сопоставление биозональных схем расчленения пограничного живецко-франского стратиграфического интервала

Table 1. Comparison of biozonal schemes for subdivision of the boundary Givetian-Frasnian stratigraphic interval

Ярус / Stage	Конодонтовая зональность (Becker et al., 2020) Conodont zonation	Стандартные конодонтовые зоны Standard conodont zones		Конодонтовые зоны Монтань Наур (Klapper, 1989) Montagne Noire conodont zones	Восточно-Европейская платформа (Решение..., 1994) Горизонты Подгоризонты East European Platform Horizons Subhorizons		Южный Тиман (Тельнова, 2007) South Timan		Средний Тиман (в этой статье) Middle Timan (in this article)						
		(Zeigler, Klapper, 1985)	(Zeigler, Sandberg, 1990)		Горизонты Подгоризонты Horizons Subhorizons	Брахиоподовые зоны Brachiopod zones	Свита Suite	Палинозоны Palynozone		Свита Suite					
Франский / Frasnian	Pa. punctata	asymmetricus	Middle	punctata	MN 5	Доманиковский (нижний) Domanik (lower)	Cyrtospirifer rudkinensis – Tomestenoporphynchus rudkini	dm	Geminospora semilucensis – Perotriteles donensis		kp				
	Pa. transitans		Lower	transitans	MN 4	Саргаевский Sargaev	Ladogia meendorffii – Hypothyridina calva – Eleutherocomma novosibiricus	uja	Cristatisporites deliquescens – Archaeoperisaccus menneri		pl				
	Ad. rugosa			Late falsiovalis	MN 3				Тиман Тиманский	Верхний Upper		Uchtella praesemilukiana – Uchtospirifer timanicus	tm	C. pseudodeliquescens – A. ovalis	
	Ad. rotundiloba rotundiloba		Early falsiovals		MN 2	Нижний Lower	Leiorhynchus uchtensis – Uchtospirifer nalivkini	sot			Densosporites sorokinii Perotriteles vermiculatus – Calyptosporites domanicus			uĉ	
	Ad. rotundiloba soluta				MN 1						Calyptosporites bellus – Densosporites meyeriae				ĉl
Ad. rotundiloba pristina	Lowermost	disparilis		Пашийский (верхний) Pashian (upper)					vl						
Живецкий Givetian	Sk. norrisi									vl					
	Po. dengleri dengleri Po. dengleri sagitta														
	Kl. disparilis														

Примечание. Свиты Ср. Тимана: vl – валсовская, ĉl – цилемская, uĉ – устьчиркинская, br – брусничная, rd – рудянская, pl – паладинская, kp – крайпольская. Свиты Ю. Тимана: sot – южнотиманская, tm – тиманская, uja – устьярегская, dm – доманиковая. Конодонты: Pa. – *Palmatolepis*, Ad. – *Ancyrodella*, Sk. – *Skeletognathus*, Po. – *Polygnathus*, Kl. – *Klapperina*.

Note. Suites of the Middle Timan: vl – Valsovskaya, ĉl – Tsilma, uĉ – Ust-Chirka, br – Brusnichnaya, rd – Rudyanskaya, pl – Paladin, kp – Kraipol. Suites of South Timan: sot – South Timan, tm – Timan, uja – Ustyarega, dm – Domanik. Conodonts: Pa. – *Palmatolepis*, Ad. – *Ancyrodella*, Sk. – *Skeletognathus*, Po. – *Polygnathus*, Kl. – *Klapperina*.



сов для создания нового поколения региональных схем девона — потребовали корреляции флористических зон с фаунистическими. Это стимулировало формирование нового методологического подхода — разработки алгоритма исследований с целью описания диагностического паттерна — системы взаимосвязанных признаков, необходимых для выявления изменений как эволюционных, биотических, так и абиотических, соответствующих уровню границ отделов, ярусов и других стратиграфических подразделений (установление ранга событий — локального, регионального и глобального характера, возможность переносить данные с одного масштаба на другой и т. д.). В соответствии с поставленными задачами проведены комплексные исследования с привлечением современной аналитической базы ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН и других научных и учебных заведений, разработан ряд новых методов и методик.

Методы и материалы

Материалом для этой статьи, обобщающей результаты многолетних исследований, послужили образцы пород, собранные в средне- и верхнедевонских естественных обнажениях, и керны скважин в различных регионах России и за ее пределами (Тельнова, 2007; Owens et al., 2022), обработанные по авторской методике, подробно описанной ранее (Шумилов, Тельнова, 2013а, б).

В дополнение к традиционным методам световой, электронной сканирующей и трансмиссионной микроскопии для изучения внутреннего и ультратонкого строения спородермы, которая несёт в себе филогенетические признаки таксона, разработаны и введены в практику палинотрастиграфических исследований методы томографии, а также сканирующей электронной микроскопии, дополненной новыми функциональными возможностями (Тельнова и др., 2021).

Разрабатывается хемосистематика — инновационный метод в палеопалинологии, основанный на биохимических характеристиках эволюционного развития организмов. Так как некоторые химические вещества могут быть найдены в природе только в организмах определенных видов, родов, семейств или порядков, они могут в дополнение к морфологии служить основой классификации (Telnova et al., 2022).

С целью систематизации и анализа массивов многовекторной палинотрастиграфической информации формируется электронная база данных. Разработан действующий прототип программно-информационного обеспечения для палинологических задач, включающий базу данных изображений девонских спор и пробные алгоритмы машинного обучения распознавания изображений (Babenko, Telnova, 2022).

Палинокомплексы и палинологическая зональность живетско-франского стратиграфического интервала

Как было отмечено выше, для решения обсуждаемой проблемы в стратиграфии девона России — границы живетского и франского ярусов — значимыми являются результаты работ по биоэкологической корреляции. Поэтому так важно выяснение стратиграфического диапазона распространения представителей морских и наземных организмов, извлеченных из одних

и тех же образцов породы, как основы для достоверных возрастных датировок и межрегиональных корреляций разнофациальных отложений.

В этом контексте керн скважины № 8 «Царичанская» (Восточно-Оренбургское сводовое поднятие, Русская платформа) является уникальным примером содержания ассоциации морских (брахиоподы, конодонты) и наземных (споры высших растений) организмов в одних и тех же образцах. В разрезе выявлен комплекс конодонтов со *Skeletognathus norrisi* (Uyeno), зональным видом самой верхней зоны живетского яруса Международной шкалы (Becker et al., 2020). В соответствии с современной конодонтовой зональной шкалой живетско-франская граница проходит внутри зоны *Early falsovalis* выше зоны *Skeletognathus norrisi* (Uyeno) и совпадает с первым появлением представителей рода *Ancyrodella*. Находки *Skeletognathus norrisi* в европейской части России единичны, поэтому так важны результаты изучения палеонтологических ассоциаций. В керне скважины № 8 «Царичанская» в ассоциации с конодонтами определены брахиоподы и споры высших растений, характерные для верхней части тиманского горизонта. Брахиоподовый комплекс представлен единичными экземплярами, среди которых определена *Atrypa cf. nefiolica* Ljasch. — руководящая форма для верхнетиманского подгоризонта. Здесь же выделен богатый комплекс спор, сходный с ПК палинозоны *Densosporites sorokinii*, установленными в стратотипическом разрезе тиманской свиты (верхняя часть) на Южном Тимане (Тельнова, 2007).

Аналогичный ПК (палинозона *Densosporites sorokinii*) описан из естественных обнажений устьчиркинской свиты на Среднем Тимане (Tel'nova, Shumilov, 2019). Отличительными чертами ПК, выделенного из керны скважины № 8 «Царичанская», является отсутствие в них спор *Perotriletes vermiculatus* Med., характерных для обсуждаемого стратиграфического интервала в Тимано-Североуральском регионе, и разное процентное содержание некоторых характерных видов (*Archaeoperisaccus verrucosus* Pask., *Archaeozonotriletes variabilis* Naumova). В целом следует отметить, что ПК, выделенный из керны скважины № 8 «Царичанская», по своему таксономическому составу ближе к ПК, описанному в Тимано-Североуральском регионе, и отличается от известных на смежных территориях Западной Башкирии и западного склона Южного Урала (Чибрикова, 1962). Возможная причина такого отличия заключается в методике технической обработки образцов (Шумилов, Тельнова, 2013а, б).

Результаты изучения палеонтологических фоссилий из керны скважины № 8 «Царичанская» дополняют характеристику пограничного интервала среднего-верхнего девона на Русской платформе и подтверждают более широкий диапазон стратиграфического распространения зонального вида *Skeletognathus norrisi* (не ограниченный интервалом одноименной зоны), включая верхнетиманский подгоризонт (Артюшкова и др., 2022).

Для расчленения средне- и верхнедевонских отложений на территории Восточно-Европейской платформы (ВЕП) на основе стандарта, единого для микро- и макрофоссилий (по первому появлению таксона в геологическом разрезе), разработана региональная схема по миоспорам (Тельнова, 2007). Предложенная региональная палинологическая зональность, осно-

ванная на принципе выделения палинозон по первому появлению вида-индекса в геологическом разрезе, соответствует зональности по фауне и отражает эволюционные тренды в истории биосферы. В настоящее время палинологическая зональность пограничного интервала существенно уточнена, новые зоны скоррелированы с конодонтовыми зонами (табл. 1).

Значительная информация для решения обсуждаемой проблемы получена при изучении пограничного интервала в бассейне р. Цильмы (Средний Тиман) (Тельнова, Шумилов, 2019). В разрезах устьерегской свиты прослежено одновременное появление спор *Cristatisporites pseudodeliquescens* Telnova et Marshall и *Archaeoperisaccus ovalis* Naumova (ПК-А). Такая же закономерность ранее была установлена на одновозрастном стратиграфическом уровне Южного Тимана и гряде Чернышева. На основе этой закономерности в региональной схеме по спорам выделена палинозона ***Cristatisporites pseudodeliquescens* — *Archaeoperisaccus ovalis*** (Tel'nova, Shumilov, 2019). Ассоциация этих спор с конодонтами *Ancyrodella rotundiloba soluta* в одних и тех же образцах позволила определить точное положение новой зоны в региональной стратиграфической схеме (нижняя часть устьерегской свиты) (табл. 1).

В разрезах устьерегской свиты Среднего Тимана также прослежена стратиграфическая последовательность появления таксонов *Cristatisporites deliquescens* (Naumova) Arkh. и *Archaeoperisaccus mennerii* Naumova. Споры *Cristatisporites deliquescens* — *Archaeoperisaccus mennerii* выделены в качестве видов-индексов ПК-В (Tel'nova, Shumilov, 2019). Прослеженная в разных районах Тимано-Североуральского региона ассоциация спор *Cristatisporites deliquescens*, *Archaeoperisaccus mennerii* и конодонтов *Ancyrodella rugosa* позволила выделить новую региональную зону ***Cristatisporites deliquescens* — *Archaeoperisaccus mennerii***. По-видимому, палинозона характеризует значительный стратиграфический интервал, соответствующий конодонтовым зонам *rugosa* — *transitans* (табл. 1).

Обсуждение результатов

В реконструкциях девонских растительных сообществ и для выявления характера их изменения на событийных уровнях важным является изучение дисперсных спор (споры встречаются как в континентальных, так и в морских отложениях, имеют лучшую сохранность, чем растительные макрофоссилии). Однако для первых наземных сосудистых растений, как показал ретроспективный анализ спор *in situ* (Тельнова, 2007), характерны сходные морфологические типы. С явлением гомеоморфии связана одна из основных объективных проблем в систематике и филогенетических реконструкциях многих групп девонских спор. Особое значение в этом контексте приобретает внедрение в палеопалинологические работы современного инструментария и разработка новых методик исследований (Тельнова и др., 2021; Шумилов, Тельнова, 2013а, б; Babenko, Telnova, 2022; Telnova et al., 2022). Комплексное изучение морфологии, структуры и химического состава наиболее важных для стратиграфических построений дисперсных спор позволило уточнить их таксономическую и филогенетическую принадлежность. В стратиграфической последовательности тиманской и

устьерегской свит (Южный Тиман) значительные изменения, выражающиеся в обновлении таксономического состава на видовом и родовом уровнях, установлены в ПК зоны *Densosporites sorokinii* (верхняя часть тиманского горизонта). В результате использования комплекса новых методик установлено, что многие из спор в ПК зоны *Densosporites sorokinii* продуцировались плауновидными растениями, т. е. в растительных сообществах на обсуждаемом уровне существенную роль начинают играть плауновидные. В ПК доминирующей группой, как и на предыдущих стратиграфических уровнях, являются споры археооптерисовых растений (до 50%), но вместо субдоминантной в позднеживетское время группы *Acanthotriletes* в верхней части тиманского горизонта существенное развитие (с 5 до 16%) получают споры с пленчатым периспорием (*Calyptosporites*, *Spelaeotriletes*, *Densosporites*, *Hymenozonotriletes*, *Ancyrospora* и др.), которые выше по разрезу устьерегской свиты входят в число родов-доминантов, продуцентами которых были плауновидные и папоротники.

Наметившийся с палинозоны *Densosporites sorokinii* тренд изменений получает развитие в палинокомплексах франского возраста (палинозоны *Cristatisporites pseudodeliquescens* — *Archaeoperisaccus ovalis* и *Cristatisporites deliquescens* — *Archaeoperisaccus mennerii*). Поэтому уровень в основании палинозоны *Densosporites sorokinii* (верхняя часть тиманского горизонта) может рассматриваться в качестве живетско-франского фитостратиграфического рубежа.

Комплексы конодонтов из верхней части тиманской и нижней части устьерегской свиты близки по своему составу. Вид *Ancyrodella binodosa* встречается спорадически в интервале зон *Lowermost asymmetricus* и *Lower asymmetricus* (Ovnanatova et al., 2017), который в современной конодонтовой шкале сопоставляется с зонами *Early-Late falsiovalis*. *Ancyrodella pristina* — зональный вид, фиксирующий раннефранский этап осадконакопления, в ассоциации со спорами растений до сих пор не установлен. Поэтому палинозоны этого и нижележащего уровней сопоставлены в региональной стратиграфической схеме с конодонтовыми зонами в некоторой степени условно. В настоящее время точно зафиксировано стратиграфическое положение палинозон *Cristatisporites pseudodeliquescens* — *Archaeoperisaccus ovalis* и *Cristatisporites deliquescens* — *Archaeoperisaccus mennerii* (табл. 1).

В связи с дискуссией об уровне границы живетского и франского ярусов на территории России проведен анализ таксономического состава ПК в стратиграфически полных разрезах Тимано-Североуральского сегмента и сопряженных с ним регионов.

Наблюдаемый тренд прослежен в ПК, установленных по образцам из естественных обнажений на Среднем Тимане (Tel'nova, Shumilov, 2019). В разрезах Западной Европы описанный ПК соответствует верхней части опель-зоны *triangulatus* — *concinna* (ТСо), охватывающей пограничный живетско-франский интервал (Streel et al., 2021).

Полученные результаты использованы в выводе о фитостратиграфическом рубеже в основании верхнетиманского подгоризонта, соответствующем границе живетского и франского ярусов: в это время произошли заметные изменения в растительных сообще-



ствах — субдоминирующей группой растений стали плауновидные.

Триггером существенных изменений в растительных сообществах, по-видимому, явилось событие Frasnian, которое отмечается ниже первых находок *Ancyrodella*. Событие Frasnian характеризуется началом глобальной трансгрессии и приурочено к основанию конодонтовой зоны Early falsiovalis (Walliser, 1996). В этом случае биотическое событие почти совпадает с абиотическим (трансгрессивное изменение фаций), которое произошло немного раньше — ниже границы среднего и верхнего девона, предложенной SDS.

Для окончательного решения проблемы — установления уровня границы среднего-верхнего девона — особый интерес представляет разрез с полной последовательностью в живетско-франском интервале, описанный на восточном склоне Среднего Урала в окрестностях села Покровское. Он биостратиграфически детально изучен по разным группам фауны. Все выделенные в пограничном интервале пачки охарактеризованы конодонтами, брахиоподами, описаны микроостатки рыб.

На основе анализа распространения ихтиофауны предложен новый вариант фободонтидной зональности для живет-фаменского интервала девона. Фободонтидные зоны сопоставлены со стандартными конодонтовыми зонами. В результате изменения объемов зон и положения границ зона *sophiae* в новой схеме соответствует интервалу конодонтовых зон Lower varcus — *disparilis*, зона *latus* расширена до интервала конодонтовых зон Lower falsiovalis — *jamieae* (Ivanov, 2020). Таким образом, как считает А. О. Иванов, граница фободонтидных зон *sophiae* и *latus* должна проходить по границе конодонтовых зон *disparilis* и *falsiovalis* (Ivanov, 2020). Анализ распространения хрящевых рыб рода *Phoebodus* в отложениях среднего и верхнего девона Среднего и Южного Урала позволил уточнить фободонтидную зональную шкалу, которая в дальнейшем будет использоваться для широких межрегиональных корреляций и установления точного положения нижней границы франского яруса в разрезах Европейского Северо-Востока России. Учитывая большой корреляционный потенциал хрящевых рыб рода *Phoebodus*, которые изучаются также и в разрезах пограничного интервала Тимано-Североуральского сегмента, а также наиболее полную последовательность конодонтовых и брахиоподовых зон, планируется палиностратиграфическое изучение разреза «Покровское». Актуальность палиностратиграфических исследований определяется и тем, что корреляция разреза «Покровское» с разрезами западного склона и смежного региона Русской платформы в значительной степени условная, поскольку слои с *Skeletognathus norrisi* не имеют фаунистически охарактеризованных аналогов на западном склоне Урала.

Выводы

Проведен анализ распространения спор высших растений в пограничном живет-франском стратиграфическом интервале. Выявлен тренд в изменении таксономического состава, морфологии и ультраструктуры палиноморф. В палинокомплексах в пограничном интервале значительные изменения, выражающиеся

в обновлении таксономического состава на видовом и родовом уровнях, происходят в позднефранское время — существенное развитие получают споры плауновидных (*Calyptosporites*, *Densosporites*, *Ancyrospora* и др.), которые выше по разрезу, в саргаевском горизонте, входят в число родов-доминантов. Полученные результаты позволяют сделать вывод о фитостратиграфическом рубеже в позднефранское время, когда произошла смена живетских растительных сообществ на франские. Установленный фитостратиграфический рубеж в основании верхнетиманского подгоризонта соответствует границе, принимаемой по мелководным полигнатидам — *Polygnathus pennatus*, *Polygnathus ljaschenko* и др. на Южном Тимане (Ovnatanova et al., 2017).

В разрезах Тимано-Североуральского сегмента в настоящее время стратиграфический интервал — верхняя часть тиманского и нижняя часть саргаевского горизонта — коррелируется с конодонтовой зоной *Polygnathus pennatus* — *P. lanei* (Ovnatanova et al., 2017). Из этого следует, что привязка конодонтового комплекса мелководной фации к стандартной шкале пока остается неясной, а следовательно, не установлен и уровень стандартной нижней границы франского яруса. В этой связи особый интерес приобретает палиностратиграфическое изучение разреза «Покровское». Возможно, это будет последний аккорд в решении многолетней проблемы.

Работа выполнена в рамках госзадания по теме НИР 122040600008-5 при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 20-05-00445).

Литература / References

1. Артюшкова О. В., Тельнова О. П., Мизенс Л. И., Мизенс А. Г. Первая находка *Skeletognathus norrisi* в ассоциации со спорами высших растений и брахиоподами в пограничных живетско-франских отложениях, вскрытых скважиной № 8 Царичанская (Восточно-Оренбургское сводовое поднятие, Русская платформа) // Литосфера. 2022. Вып. 22. № 4. С. 432–447. DOI: 10.24930/1681-9004-2022-22-4-432-447

Artyushkova O. V., Telnova O. P., Mizens L. I., Mizens A. G. *Pervaya nahodka Skeletognathus norrisi v asociacii so sporami vysshih rastenij i brahiopodami v po-granichnyh zhivetsko-franskih otlozheniyah, vskrytyh skvazhinoj № 8 Carichanskaya (Vostochno-Orenburgskoe svodovoe podnyatie, Russkaya platforma)* (The first finding of *Skeletognathus norrisi* in association with higher plant spores and brachiopods in the Givetian-Frasnian boundary deposits drilled by borehole No. 8 Tsarichanskaya (East Orenburg uplift, Russian Platform)). *Lithosphere*, 2022, V. 22, No. 4, pp. 432–447. DOI: 10.24930/1681-9004-2022-22-4-432-447

2. *Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий*. СПб.: ВСЕГЕИ, 1994. Вып. 27. 67 с.

Postanovleniya Mezhhvedomstvennogo stratigraficheskogo komiteta i ego postoyannyh komissij (Resolutions of the Interdepartmental Stratigraphic Committee and its constant Commissions) St. Petersburg: VSEGEI, 1994, Issue 27, 67 p.

3. *Состояние изученности стратиграфии докембрия и фанерозоя России. Задачи дальнейших исследований* // *Постановления Межведомственного стратиграфического*



комитета и его постоянных комиссий. СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. Вып. 38. 131 с.

Sostoyanie izuchennosti stratigrafii dokembriya i fanerozoya Roscii. Zadachi dal'nejshih issledovanij. Postanovleniya Mezhdvoststvennogo stratigraficheskogo komiteta i ego postoyannyh komissij (The State of knowledge on the Precambrian and Phanerozoic Stratigraphy in Russia. Tasks for further research. Resolutions of the Interdepartmental Stratigraphic Committee and its Constant Committees). St. Petersburg: VSEGEI, 2008, 38, 131 p.

4. Тельнова О. П. Миоспоры из средне-верхнедевонских отложений Тимано-Печорской провинции. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 136 с.

Tel'nova O. P. *Miospory iz sredne-verhnedevonskih otlozhenij Timano-Pechorskoj provincii* (Miospores from Middle-Upper Devonian deposits of Timan-Pechora Province). Yekaterinburg: UB RAS, 2007, 136 p.

5. Тельнова О. П., Шумилов И. Х. Терригенные отложения среднего-верхнего девона бассейна р. Цильма (Средний Тиман) и их палинологическая характеристика // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2019. Т.27. № 1. С. 31–56. DOI: 10.31857/0869-592X271 31-56

Tel'nova O. P., Shumilov I. Kh. *Terrigennye otlozheniya srednego-verhnego devona bassejna r. Cil'ma (Srednij Timan) i ih palinologicheskaya harakteristika* (Middle-Upper Devonian Terrigenous Rocks of the Tsil'ma River Basin and Their Palynological Characteristics. Stratigraphy. Geological correlation), 2019, V. 27, No. 1, pp. 31–56. DOI.org/10.31857/S0869-592X27131-56

6. Тельнова О. П., Кульков А. М., Маршалл Д. Е. А. Новые методы исследований в палеопалинологии // Журнал общей биологии. 2021. Т. 82. № 1. С. 1–9. DOI: 10.31857/S0044459621010085

Tel'nova O. P., Kul'kov A. M., Marshall D. E. A. *Novye metody issledovanij v paleopalinoologii* (New research methods in paleopalynology). Biology Bulletin Reviews, 2021, V. 82, No. 1, pp. 1–9. DOI: 10.31857/S0044459621010085

7. Чибрикова Е. В. Споры терригенной толщи девона Западной Башкирии и западного склона Южного Урала // Брахиоподы, остракоды и споры среднего и верхнего девона Башкирии: Сб. науч. трудов / Отв. ред. А. И. Олли. М.: АН СССР, 1962. С. 353–476.

Chibrikova Ye. V. *Spory terrigennoj tolshchi devona Zapadnoj Bashkirii i zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala. Brahiopody, ostrakody i spory srednego i verhnego devona Bashkirii. Sb. nauch. trudov. (Otv. red. A. I. Olli)* (Spores from the terrigenous Devonian strata of Western Bashkiria and Western slope of South Urals. Middle and Upper Devonian Brachiopods, Ostracodes and Spores in Bashkiria. (Ed. by A. I. Olli)). Moscow: AS USSR, 1962, pp. 353–476.

8. Шумилов И. Х., Тельнова О. П. Методика обработки углисто-глинистых девонских пород для палинологического анализа (часть I). Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2013а. № 5. С. 12–15.

Shumilov I. Kh., Tel'nova, O. P., *Metodika obrabotki uglisto-glinistykh devonskih porod dlya palinologicheskogo analiza (chast' I)* (Methods of treating Devonian carbonaceous clay rocks for palynological analysis. Pt. 1). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2013a, No. 5, pp. 12–15.

9. Шумилов И. Х., Тельнова О. П. Методика обработки углисто-глинистых девонских пород для палинологического анализа (часть II). Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2013б. № 6. С. 11–14.

Shumilov I. Kh., Tel'nova, O. P., *Metodika obrabotki uglisto-glinistykh devonskih porod dlya palinologicheskogo analiza (chast' 2)* (Methods of treating Devonian carbonaceous clay rocks for palynological analysis. Pt. 2). Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2013a, No. 6, pp. 11–14.

10. Шумилов И. Х., Тельнова О. П. История геологического развития бассейна р. Цильма (Средний Тиман) в девоне // Литология и полезные ископаемые. 2017. № 3. С. 266–282. DOI: 10.7868/S0024497X17030077

Shumilov I. Kh., Tel'nova O. P. *Istoriya geologicheskogo razvitiya bassejna r. Cil'ma (Srednij Timan) v devone* (History of the Geological Evolution of the Tsil'ma River Basin (Middle Timan) in the Devonian). Lithology and mineral resources, 2017, No. 3, pp. 266–282. DOI: 10.7868/S0024497X17030077

11. Aboussalam Z. S., Becker R. T. New upper Givetian to basal Frasnian conodont faunas from the Tafilalt (Anti-Atlas, Southern Morocco) // Geological Quarterly, 2007. 51(4). P. 345–374.

12. Babenko V. V., Telnova O. P. Problems and Prospects of Digital Identification of Devonian Spores for the Stratigraphy // Paleontological Journal, 2022. Vol. 56. No. 9. P. 93–99. DOI: 10.1134/S0031030122090040

13. Becker R. T., Marshall J. E. A., Da Silva A.-C. The Devonian Period. (Eds. by F. M. Gradstein, J. G. Ogg, M. D. Schmitz and G. M. Ogg) // The Geologic Time Scale. Amsterdam: Elsevier, 2020. No. 2. P. 733–810.

14. Ivanov A. O. Devonian phoebodontid-based zonation // Filodiritto Editore — Proceedings of the Kazan Golovkinsky Stratigraphic Meeting, 2020. P. 64–69.

15. Klapper G., Johnson J. G. Revision of Middle Devonian conodont zones. In: J. G. Johnson. Lower and Middle Devonian brachiopod-dominated communities of Nevada, and their position in a biofacies-province-realm model // Journal of Paleontology, 1990. Vol. 64. No. 6. P. 934–936.

16. Ovnatanova N. S., Kononova L.I., Kolesnik L. S., Gatovsky Yu. A. Upper Devonian Conodonts of Northeastern European Russia // Journal of Paleontology, 2017. Vol. 51. No. 10. P. 973–1165.

17. Owens B., Marshall J. E. A., Telnova O. P., Wellman Ch. H. Morphological Relationships of Ancyrospora Species from the Givetian and Frasnian Deposits of the Pan-Arctic Region // Paleontological Journal, 2022. Vol. 56. No. 9. P. 58–80. DOI: 10.1134/S0031030122090052

18. Streef M., Boulvain F., Duser M., Loboziak S., Steemans P. Updating Frasnian miospore zonation from the Boulonnais (Northern France) and comparison with new data from the Upper Palaeozoic cover on the Brabant Massif (Western Belgium) // Geologica Belgica, 2021. Vol. 24. No. 1–2. P. 69–84. DOI: 10.20341/gb.2020.024

19. Tel'nova O. P., Shumilov I. Kh. Palynological characteristics of Givetian–Frasnian stratigraphic interval on the Southern and Middle Timan // Vestnik IG Komi SC UB RAS, 2019. No. 10. P. 23–27. DOI:10.19110/2221-1381-2019-10-23-27

20. Telnova O. P., Marshall J. E. A., Kocheva L. S., Karmanov A. P. Lignin of Ancient Plant Fossils // Paleontological Journal, 2022. Vol. 56, No. 9. P. 81–92. DOI: 10.1134/S003103012209007

21. Walliser O. H. Global events and event stratigraphy in the Phanerozoic: results of international interdisciplinary cooperation in the IGCP Project 216 «Global Biological Events in Earth History» // Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1996. P. 1–333. DOI: 10.1017/S0016756897426468

22. Ziegler W., Sandberg C. A. The Late Devonian Standard Conodont Zonation // Courier Forsch.-Inst. Senckenberg, 1990. No. 121. P. 1–115.

Поступила в редакцию / Received 30.11.2022