



Цифровая систематизация миоспор девонского периода: разработка и опыт применения реляционной базы данных

Н. Н. Бабилова, О. П. Тельнова

Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, Сыктывкар, Россия
Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, Россия
valmasha@mail.ru, telnova@geo.komisc.ru

В статье представлены результаты разработки реляционной базы данных «Миоспоры палеозоя» и ее применения для систематизации и анализа данных по спорам девонского периода. База данных содержит детальные морфологические описания, стратиграфические и географические привязки 190 родов и 1880 видов миоспор. Таксономическая номенклатура стандартизирована по М. В. Ошурковой (2003). Применение цифрового инструментария позволило подтвердить ранее установленные закономерности динамики видового разнообразия спор в девонском периоде. Практическая значимость исследования заключается в создании верифицированного цифрового ресурса, который можно использовать для решения стратиграфических задач, палеоэкологических, палеогеографических и палеоклиматических реконструкций, а также в образовательных целях. В дальнейшем планируется дополнение базы данных изображениями спор, что позволит реализовать функцию визуального поиска похожих спор, основанную на сопоставлении изображений методами компьютерного зрения.

Ключевые слова: база данных, миоспоры, систематика, девонский период

Digital classification of Devonian miospores: development and application of a relational database

N. N. Babikova, O. P. Tel'nova

Syktvykar State University named after Pitirim Sorokin, Syktvykar, Russia
Institute of Geology FRC Komi SC UB RAS, Syktvykar, Russia

This article presents the results of developing the «Paleozoic Miospores» relational database and its application to systematizing and analyzing data on Devonian spores. The database contains detailed morphological descriptions, stratigraphic, and geographic references for 190 genera and 1,880 myospore species. The taxonomic nomenclature was standardized according to M. V. Oshurkova (Oshurkova, 2003). The use of digital tools confirmed the previously established dynamics of changes in spore species diversity in the Devonian. The practical significance of this study lies in the creation of a verified digital resource that can be used to solve stratigraphic problems, perform paleoecological, geographic, and climatic reconstructions, and for educational purposes. Future plans include supplementing the database with spore images, which will enable the implementation of a visual search for similar spores based on image comparison using computer vision methods.

Keywords: database, miospores, systematics, Devonian period

Введение

В настоящее время цифровые базы данных становятся неотъемлемой частью научных исследований в области палеопалинологии. Внедрение баз данных позволяет систематизировать растущие массивы информации и применять методы информационно-коммуникационных технологий для каталогизации, хранения, а также качественного и количественного анализа палиноморф.

Глобальные базы объединяют разрозненные данные из тысяч публикаций, музейных коллекций и полевых исследований, что создает единую точку доступа к информации. Библиографическая база данных Palynodata содержит сведения о 122 422 видах палиноморф из 22 152 документов палинологической ли-

тературы со всего мира. База данных формировалась с 1974 по 2006 год компанией Palynodata Inc., в 2007 году авторские права были переданы Канаде. Базу данных можно скачать на сайте геологической службы Канады (White, 2008). В онлайн-режиме она доступна на сайте лаборатории палеоботаники Палеонтологического института им. А. А. Борисяка РАН (<https://paleobotany.ru>). Поиск по базе можно осуществлять по названию таксона или по данным о публикации (год, название, автор).

База данных палеоэкологии Neotoma (<https://www.neotomadb.org>) — это международная общедоступная база, содержащая данные об ископаемых голоцена, плейстоцена и плиоцена, то есть примерно за последние 5.3 миллиона лет, хотя большинство данных отно-

Для цитирования: Бабилова Н. Н., Тельнова О. П. Цифровая систематизация миоспор девонского периода: разработка и опыт применения реляционной базы данных // Вестник геонаук. 2025. 11(371). С. 47–54. DOI: 10.19110/geov.2025.11.6

For citation: Babikova N. N., Tel'nova O. P. Digital classification of Devonian miospores: development and application of a relational database. Vestnik of Geosciences, 2025, 11(371), pp. 47–54, doi: 10.19110/geov.2025.11.6

сится к последним 20 000 лет (Williams et al., 2018). Neotoma хранит данные о названиях видов, местоположении и возрасте ископаемых остатков, физические и геохимические данные из отложений, содержащих окаменелости.

Neotoma тесно сотрудничает с базой данных по палеобиологии Paleobiology Database (PBDB, <https://paleobiodb.org>), которая охватывает широкий временной диапазон до сотен миллионов лет и включает разнообразные таксоны морских и наземных животных, растений, микрофлоры, включая ископаемые споры. Все таксономические, геологические, географические, стратиграфические данные и данные о встречаемости в Paleobiology Database связаны со ссылками на библиографические описания источников, из которых эти данные были получены. Однако, несмотря на масштаб и значимость проекта, информация об ископаемых спорах в базе представлена фрагментарно: охвачены не все известные роды и виды, описания часто краткие, отсутствуют изображения и морфологические характеристики.

Региональный электронный каталог New Zealand Fossil Spores and Pollen: An Illustrated Catalogue (<https://pal.gns.cri.nz/catalog>) был составлен как справочное пособие для палеонтологов, занимающихся биостратиграфическими исследованиями доплейстоценовых отложений Новой Зеландии (Raine et al., 2011). Таксоны организованы согласно искусственной морфологической системе надродовых категорий (турм). Для каждого вида приводятся синонимия (с указанием переименований и ошибочных определений), ссылки на публикации, данные о стратиграфическом распределении, а также оригинальные изображения образцов. Каталог имеет высокую научную ценность, но охватывает только один географический регион и не предоставляет средств для поиска по морфологическим признакам, статистического анализа и сопоставления данных. Информация в каталоге представлена в виде текстов и изображений без формализованной структуры, пригодной для автоматизированной обработки.

Среди российских региональных палеопалинологических электронных ресурсов открытого доступа можно отметить геопространственную базу данных «Микулино» (<https://mikulino.ru>), разработанную на кафедре физической географии и ландшафтоведения МГУ им. М. В. Ломоносова. База охватывает 101 разрез, содержащий отложения микулинского межледникового (~115–128 тыс. лет назад), которые расположены в пределах лесной зоны Восточно-Европейской равнины. Каждому разрезу соответствуют координаты, наименование, ссылка на источник, а также данные палинологического анализа. Информация представлена в виде ГИС-проекта с возможностью перехода от точек на карте к диаграммам, стратиграфическим описаниям и интерпретациям.

Анализ современных палеоботанических, палеопалинологических цифровых ресурсов выявляет существенный пробел в области баз данных, специализирующихся на системном описании ископаемых спор палеозоя в целом и девонского периода в частности. Существующие ресурсы либо ориентированы на более молодые стратиграфические интервалы, либо, будучи общепалеонтологическими, не представляют детальной информации о морфологии спор, их

стратиграфическом и географическом распространении.

В связи с этим создание специализированной базы данных, содержащей структурированную информацию о морфологических признаках родов и видов миоспор девонского периода, является актуальной задачей. Такая база позволит систематизировать разрозненные данные и обеспечит возможность проведения статистического анализа и выполнения сравнительных исследований.

Материалы и методы

В соответствии с Распоряжением Правительства РФ 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития до 2030 года» доцентом кафедры прикладной информатики ИТНиИТ СыктГУ им. Питирима Сорокина Н. Н. Бабиковой и ведущим научным сотрудником Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН О. П. Тельновой проводятся совместные междисциплинарные исследования. В настоящее время завершены работы по подразделу проекта «Проблемы и перспективы цифровой трансформации процесса диагностики палинологических объектов с целью стратиграфических построений». В рамках исследования предполагается разработка информационной системы «Диагностика девонских спор» с учетом результатов анализа проблемы цифровизации палиностратиграфических данных (Бабенко и др., 2021; Babenko, Telnova, 2022; Тельнова и др., 2024). К участию в исследовании привлекаются студенты СыктГУ в рамках прохождения производственной практики и выполнения дипломных работ.

Студенткой направления подготовки «Прикладная информатика» СыктГУ М. А. Шестаковой (научный руководитель Н. Н. Бабикова, научный консультант О. П. Тельнова) была разработана реляционная база данных «Миоспоры палеозоя» на базе СУБД SQLite (Шестакова, 2025). База данных проектировалась так, чтобы стать частью информационной системы «Диагностика девонских спор». Было принято решение формировать базу данных не только для девонского периода, но и для всего палеозоя, чтобы иметь возможность проследить изменения родового и видового разнообразия девонских спор в последующих геологических периодах.

База данных содержит детальное описание морфологии родов спор, типовой вид и перечень видов для каждого рода, для родов и видов указаны размеры, стратиграфическое и географическое распределение, библиографические данные источников, в которых виды были впервые описаны. Концептуальная диаграмма БД показана на рис. 1.

Номенклатура родов и видов в базе данных соответствует списку родов и видов в фундаментальной монографии М. В. Ошурковой (2003), содержащей наиболее полный перечень таксонов в русскоязычной литературе. Морфологические признаки формировались на основе данной монографии, а также монографии О. П. Тельновой (2007) и ее консультаций. Тестирование БД показало, что каждый род можно однозначно идентифицировать по морфологическим признакам, представленным в базе данных.

Названия родов и видов, стратиграфическое распространение верифицировались сопоставлением с



базой данных Palynodata. Для 174 из 190 родов, представленных в БД, имеются библиографические описания в Palynodata. Из оставшихся 16 родов 14 описаны как новые в монографии (Ошуркова, 2003): Ancampotriletes Oshurkova, gen. nov.; Anreticulispota Oshurkova, gen. nov.; Conperiplecospora Oshurkova, gen. nov.; Cyclopileatispora Oshurkova, 1999; Foveoretusispota Oshurkova,

gen. nov.; Kedomonoletes Oshurkova, gen. nov.; Mixtatispora Oshurkova, gen. nov.; Reticuliretusispota Oshurkova, gen. nov.; Rugulispora Oshurkova, gen. nov.; Staplinzonaletes Oshurkova, nomen nov.; Tuberculaletes Oshurkova, gen. nov.; Tuberculiretusispota Oshurkova, gen. nov.; Tuberculispora Oshurkova, gen. nov.; Vermiculispota Oshurkova, gen. nov. Еще 2 рода — Chano-

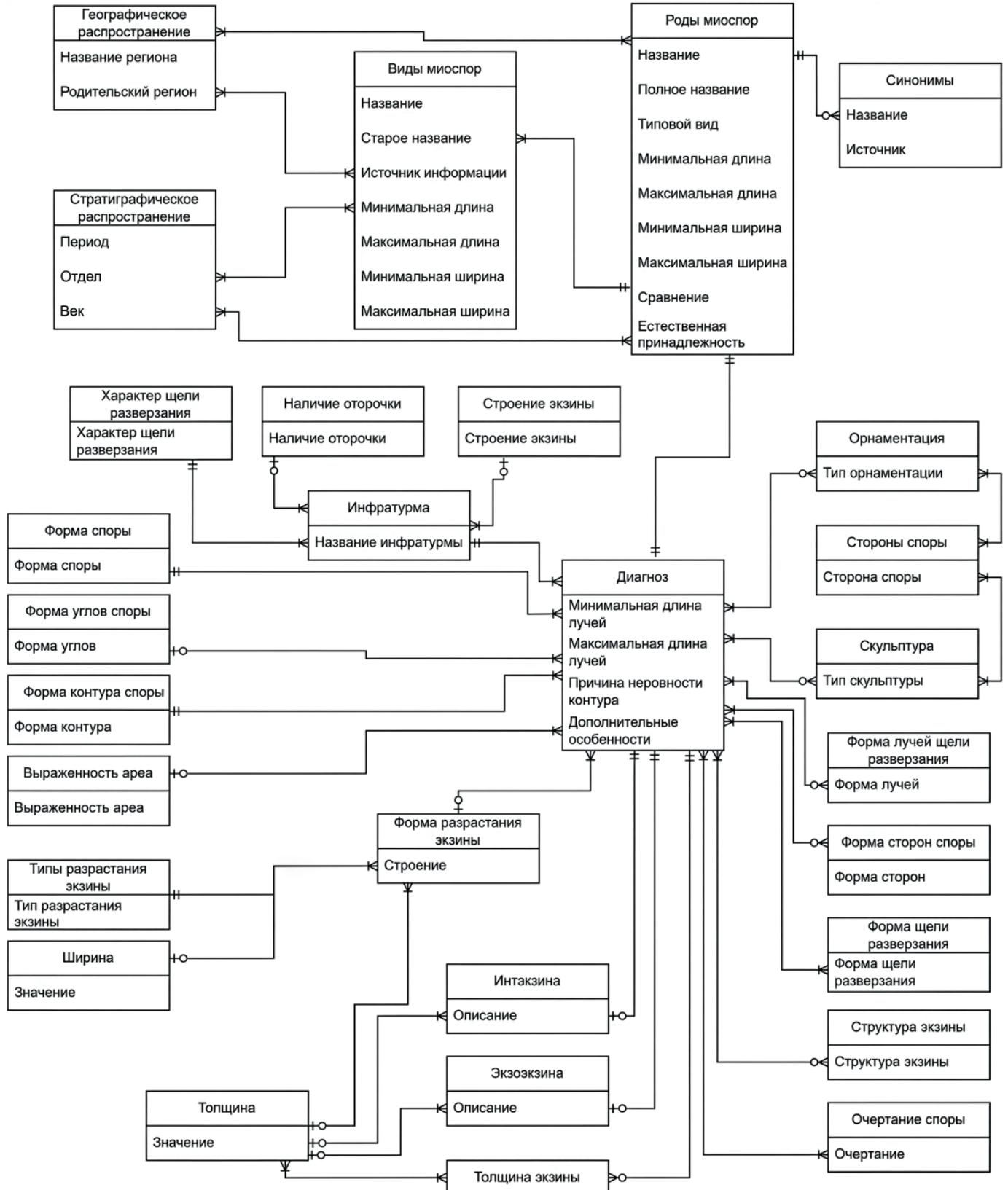


Рис. 1. Концептуальная схема базы данных
 Fig. 1. Conceptual diagram of the database

vejisporites Virbickas, 1983; Pygmaeisorites Virbickas, 1983 — описаны в Палеонтологическом атласе пермских отложений Печорского угольного бассейна (Молин и др., 1983).

Результаты и обсуждение

В процессе тестирования БД были выявлены неточности в описании родов в монографии М. В. Ошурковой:

— для 2 родов (*Calamospora*, *Punctatisporites*), 6 видов (*Calamospora minutissima* (Naum.) Lub.; *Calamospora hyalina* (Naum.), Oshurkova, comb. nov.; *Calamospora obsuletes* (Naum.); *Punctatisporites naumovae* Oshurkova, nom. nov.; *Punctatisporites incrassatus* (Naum.) Oshurkova, comb. nov.; *Punctatisporites krystofovichii* (Naum.) Oshurkova, comb. nov.) в стратиграфическом распространении указан нижний кембрий (с. 55, с. 60), что неверно, так как известно, что первые наземные растения появились в силуре;

— в описании родов *Cyclogranisorites* (с. 66), *Endosporites* (с. 203), *Vallatisporites* (с. 181) в стратиграфическом распространении отсутствует девон, но в списке видов для этих родов имеются виды, в стратиграфическом описании которых девон присутствует;

— для родов *Streelispora* (с. 139), *Punctatisporites* (с. 59) в стратиграфическом распространении указан силур, но в списке видов для этих родов нет ни одного вида, для которого силур присутствует в стратиграфическом распространении.

База данных содержит структурированную информацию о 190 родах и 1880 видах миоспор палеозоя (классификация палеозойских миоспор и количественное содержание таксонов представлено в таблице 1).

База данных содержит сведения только о спорах, которые появились в девоне, карбоне и перми. В описании стратиграфического распространения рода и/или вида указаны все геологические периоды, в которых существование родов/видов продолжалось. Представлены 99 родов и 509 видов девонского периода, 45 родов и 1072 вида карбона, 90 родов и 289 видов пермского периода (в пермское время происходит уменьшение видового разнообразия спорных и увеличение видов голосеменных растений).

Из 99 девонских родов 27 родов встречаются только в этом периоде. В таблице 2 представлено распределение этих родов по отделам и ярусам.

Наиболее «долгоживущие» рода девонских спор:

— 7 периодов (девон – палеоген): *Lugisporis*, *Leiotriletes*, *Trachytriletes*, *Tuberculiretusispora*, *Stenozotriletes*;

— 6 периодов (девон – мел): *Acanthotriletes*, *Apiculatisporis*, *Microreticulatisporites*, *Punctatisporites*;

— 5 периодов (девон – юра): *Calamospora*, *Camptotriletes*.

Рассматривая продолжительность существования родов, необходимо учитывать следующие факторы: обсуждаются дисперсные споры, таксономия которых построена только на морфологических признаках, т. е. без привязки к их продуцентам, а также широко распространенное явление полиморфизма. Таким образом, несмотря на четкую сменяемость флористических комплексов в процессе эволюции, на протяжении всей истории растительного мира, так же как в животном

мире, существовали долгоживущие таксоны. Факт «долгожительства» можно объяснить сохранением относительно стабильных экологических условий существования таксона. Например, род *Араукария* — очень древние хвойные деревья — появились на Земле 150–240 млн лет назад (триас), их по праву считают «живыми ископаемыми».

Из 509 видов спор, характерных для девонского периода, только 6 видов выходят за пределы девона: *Apiculatisporis erinaceus* (Naum.) Pot. et Kr. (девон; карбон нижний); *Aurospora multiplex* Turnau (девон верхний, фаменский ярус; карбон нижний, турнейский ярус); *Crassispora spinogranulata* Wang (девон верхний; карбон нижний); *Radiizonates camarusus* Wang (девон верхний; карбон нижний); *Radiizonates irregulatus* Wang (девон верхний; карбон нижний); *Radiizonates regulatus* Wang (девон верхний; карбон нижний). Все 6 видов нижнекарбонный порог не переступили. Таким образом, для девонского периода характерна оригинальная флора, даже фрагменты которой в настоящее время не встречаются (фактически уже не встречаются со среднего палеозоя).

Видами-индикаторами, которые распространены только в одном ярусе, являются 370 видов (72 % от всех девонских). Лохковский ярус представлен 2 видами: *Breconisporites breconensis* Rich. et al. и *Emphanisporites microratus* Rich. et List. Пражский ярус представлен 4 видами: *Breconisporites glaber* (Arch.) Rich. et al., *Costaspora decorata* All., *Emphanizonotriletes salantaicus* (Arch.) Arch., *Gravisporites mirandum* (Arch.) Oshurkova, comb. nov. Индикаторами эмсского яруса являются 18 видов, эйфельского яруса — 31 вид, живетского яруса — 116 видов, франского яруса — 112 видов, фаменского яруса — 87 видов.

Видовое разнообразие в девоне растет: на рис. 2 показано общее количество видов для каждого яруса. Можно отметить увеличение в 2 раза числа видов при переходе от эйфельского к живетскому ярусу и сокращение числа видов на границе франского и фаменского ярусов. Резкий рост числа видов происходит в пограничном стратиграфическом интервале девона и карбона.

Известно, что рубеж франского и фаменского веков — уровень массового вымирания морских организмов (Кельвассерский кризис). По палинологическим данным в разрезах Южного Тимана зафиксирован экосистемный кризис и в растительных сообществах, развивавшийся длительное время, но пик событий приурочен к пограничному интервалу (Маршалл и др., 2011). Результаты, полученные при помощи цифрового инструментария, соответствуют результатам подсчетов (Тельнова, 2005), выполненных вручную (рис. 3).

Заключение

Проведенное исследование продемонстрировало эффективность применения разработанной цифровой базы данных для анализа и систематизации палинологической информации:

— автоматизированная проверка в процессе ввода данных и тестирования базы позволяет выявлять внутренние противоречия, опечатки и неточности в первичных источниках, повышая общее качество данных;

Таблица 1. Классификация палеозойских миоспор и количественное содержание таксонов
Table 1. Classification of Paleozoic myospores and quantitative content of taxa

Турма Turma	Кол-во родов Quantity of genera	Кол-во видов Quantity of species	Супрасубтурма Suprasubturma	Кол-во родов Quantity of genera	Кол-во видов Quantity of species	Субтурма Subturma	Кол-во родов Quantity of genera	Кол-во видов Quantity of species	Инфратурма Infraturma	Кол-во родов Quantity of genera	Кол-во видов Quantity of species																				
Triletes	164	1764	AcavatiTriletes	121	1343	AzonoTriletes	69	948	Apiculati	28	445																				
									Murornati	12	138																				
									Mixtati	11	98																				
			Triletes	164	1764	AcavatiTriletes	121	1343	AzonoTriletes	69	948	Laevigati	6	187																	
												Foveolati	6	51																	
												Complexati	6	29																	
Triletes	164	1764				AcavatiTriletes	121	1343	ZonoTriletes	52	395	Crassiti	16	135																	
												Zonati	14	91																	
												Cingulati	10	55																	
			Triletes	164	1764	AcavatiTriletes	121	1343	ZonoTriletes	52	395	Auriculati	5	80																	
												Patinati	4	16																	
												Tricrassati	3	18																	
Triletes	164	1764				CavatiTriletes	43	421	AzonoCavatiTriletes	1	6	Tuberculornati	1	6																	
												Triletes	164	1764	CavatiTriletes	43	421	ZonoCavatiTriletes	42	415	Pseudosacciti	14	122								
																					Zonacavati	12	117								
			Cingulicavati	6	111																										
			Triletes	164	1764	CavatiTriletes	43	421	ZonoCavatiTriletes	42	415				Cingulizonacavati	5	41														
															Patinacavati	3	19														
Crassitudicavati	2	5																													
Monoletes	16	80				AcavatoMonoletes	15	67	AzonoMonoletes	10	48	Sculptatomonoleti	8	33																	
												Monoletes	16	80	AcavatoMonoletes	15	67	AzonoMonoletes	10	48	Laevigatomonoleti	2	15								
																					Monoletes	16	80	AcavatoMonoletes	15	67	ZonoMonoletes	5	19	Crassomonoleti	2
			Monoletes	16	80	AcavatoMonoletes	15	67	ZonoMonoletes	5	19																			Zonomonoleti	2
															Monoletes	16	80	AcavatoMonoletes	15	67										ZonoMonoletes	5
																								Monoletes	16	80	CavatoMonoletes	1	13		
Monoletes	16	80				CavatoMonoletes	1	13	ZonoCavatiMonoletes	1	13																				
									Monoletes	16	80	CavatoMonoletes	1	13				ZonoCavatiMonoletes	1	13										Archaeosacciti	1
																		Hilates	1	12	AcavatiHilates										
			Hilates	1	12	AcavatiHilates																									
												Hilates	1	12	CavatiHilates	1	12														
																					Hilates	1	12	CavatiHilates	1	12	ZonoCavatiHilates	1	12	Pseudosaccihilati	1
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	
																					Aletes	9	24								
Aletes	9	24																													
									Aletes	9	24																				
																		Aletes	9	24											
			Aletes	9	24																										
												Aletes	9	24																	

Таблица 2. Роды, которые встречаются только в девонском периоде

Table 2. Genera found only in the Devonian

№ п/п	Род Genus	Нижний девон Lower Devonian			Средний девон Middle Devonian		Верхний девон Upper Devonian		
		Ярусы / Stages							
		лохковский Lochkovian	пражский Pragian	эмсский Emsian	эйфельский Eifelian	живетский Givetian	франский Frasnian	фаменский Famennian	
1	Bullatisporites								
2	Elenisporis								
3	Foveoretusispora								
4	Streelispora								
5	Breconisporites								
6	Conperiplecospora								
7	Emphanisporites								
8	Devonomonoletes								
9	Rhabdosporites								
10	Samarisporites								
11	Acinosporites								
12	Ancamptotriletes								
13	Biornatispora								
14	Corystisporites								
15	Rimosisporis								
16	Ancyrospora								
17	Hystricosporites								
18	Membrabaculisporis								
19	Contagisporites								
20	Archaeotriletes								
21	Cornispora								
22	Kedomonoletes								
23	Emphanizonosporites								
24	Clivosispora								
25	Lanatisporis								
26	Sinuosisporis								
27	Synorisporites								

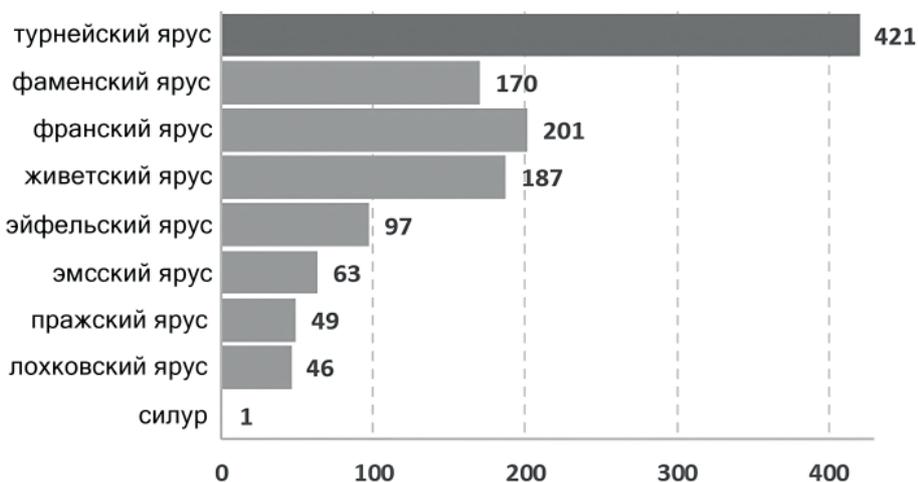


Рис. 2. Основные изменения количества видов спор в девонском периоде (анализ цифровой БД)

Fig. 2. Major changes in the number of spore species in the Devonian period (analysis of a digital database)

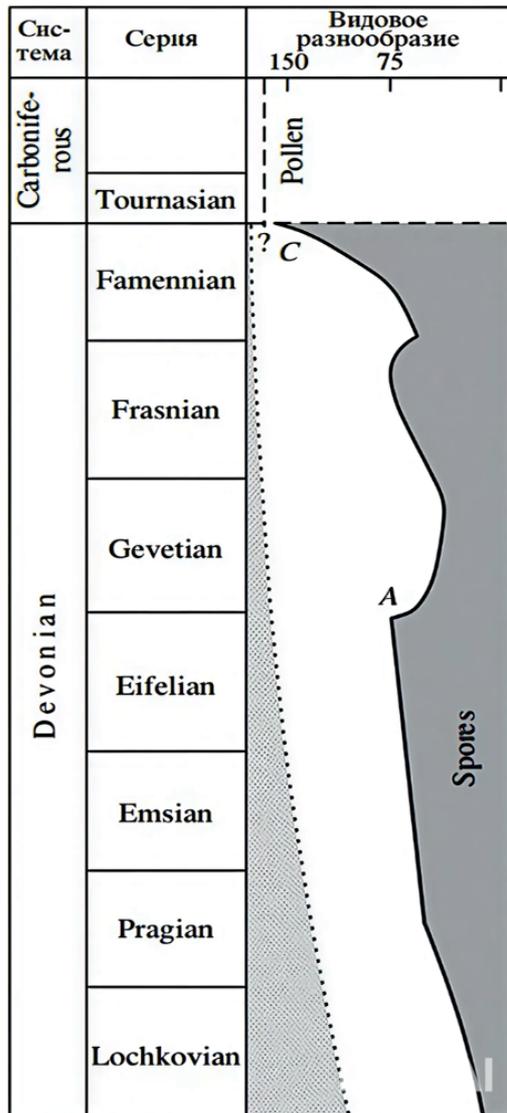


Рис. 3. Эволюционные тренды спор древнейших наземных растений (результаты ручных расчетов): фрагмент рисунка из статьи (Тельнова, 2005)

Fig. 3. Evolutionary trends in the spores of the oldest land plants (results of manual calculations): fragment from the article (Telnova, 2005)

— возможность быстрого поиска в базе данных облегчает и ускоряет палеопалинологические исследования;

— применение цифрового инструментария позволило подтвердить и уточнить ранее установленную динамику изменения родового и видового разнообразия спор в девонском периоде: увеличение в 2 раза числа видов на границе эйфельского и живетского ярусов, сокращение разнообразия на рубеже франского и фаменского ярусов, резкий рост числа видов на границе девона и карбона;

— определены 27 родов спор, которые встречаются исключительно в девонском периоде, и 370 видов спор, которые являются индикаторами конкретных ярусов девона (72 % от всех видов, распространенных в девоне);

— установлено, что только 6 видов спор переходят из девонского периода в нижний карбон, что подтверждает уникальность девонской флоры;

— определены долгоживущие роды, которые распространены от девонского периода до юрского, мелового, а 5 родов даже до палеогена.

Практическая значимость исследования заключается в создании верифицированного цифрового ресурса, который можно использовать для решения стратиграфических задач, палеоэкологических, географических и климатических реконструкций, а также в образовательных целях.

База данных «Миоспоры палеозоя» разрабатывалась как часть информационной системы «Диагностика девонских спор», но может быть использована и для создания интерактивной обучающей программы для студентов и молодых специалистов-палинологов. Реляционные БД позволяют проводить поиск по любой комбинации имеющихся полей. Например, если в процессе диагностики пользователь определил несколько морфологических признаков, он может создать запрос «найти все трехлучевые споры округлого очертания со скульптурой в виде бородавок на дистальной стороне и гладкой проксимальной стороной» и получить список всех подходящих родов спор.

Внедрение методов машинного обучения расширит поисковый функционал системы: позволит не только осуществлять точный поиск по заданным дескрипторам, но и выявлять таксоны со сходной морфологией. Планируемое дополнение базы данных изображениями позволит реализовать функцию визуального поиска, основанную на сопоставлении изображений спор методами компьютерного зрения.

Исследования проводились в рамках темы НИР ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (ГР № 122040600008-5).

Литература / References

- Бабенко В. В., Котелина Н. О., Тельнова О. П. Программно-информационное обеспечение палеопалинологической задачи // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика. 2021. № 1(38). С. 27–42. DOI 10.34130/1992-2752_2021_1_27
- Babenko V. V., Kotelina N. O., Telnova O. P. Software and information support for the paleopalynological problem. Bulletin of Syktyvkar University, Series 1: Mathematics. Mechanics. Informatics, 2021, No. 1(38), pp. 27–42. (in Russian)
- Маршалл Д. Е. А., Тельнова О. П., Ветошкина О. С. Экосистемный кризис на рубеже франского и фаменского веков (Южный Тиман) // Докл. АН. 2011. Т. 440. № 6. С. 791–794.
- Marshall J. E. A., Tel'nova O. P., Vetoshkina O. S. Ecosystem Crisis at the Frasnian–Famennian Boundary (Southern Timan). Doklady Earth Sciences, 2011, V. 440, part 2, pp. 1396–1398.
- Палеонтологический атлас пермских отложений Печорского угольного бассейна / В. А. Молин, А. Б. Вирбицкас, Л. М. Варюхина, Н. В. Калашников, С. К. Пухонто, Л. А. Фефилова, В. А. Гуськов, Г. П. Канев. Л.: Наука, 1983. 325 стр.
- Paleontological atlas of Permian deposits of the Pechora coal basin. V. A. Molin, A. B. Virbitskas, L. M. Varyukhina, N. V. Kalashnikov, S. K. Pukhonto, L. A. Fefilova, V. A. Guskov, G. P. Kanev. Leningrad: Nauka, 1983, 325 pp. (in Russian)



- Ошуркова М. В. Морфология, классификация и описания формародов миоспор позднего палеозоя / М-во природ. ресурсов Рос. Федерации, Рос. акад. наук, Всерос. науч.-исслед. геол. ин-т им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003. 377 с.
- Oshurkova M. V. Morphology, classification and descriptions of form-genera of the Late Paleozoic. Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, RAS, A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute. St. Petersburg: VSEGEI Publishing House, 2003, 377 p. (in Russian)
- Тельнова О. П. Эволюционные тренды спор древнейших наземных растений // Доклады Академии наук. 2005. Т. 401, № 3. С. 373–377.
- Telnova O. P. Evolutionary trends of spores of the oldest land plants. Doklady Earth Sciences, 2005, V. 401, No. 3, pp. 373–377. (in Russian)
- Тельнова О. П. Миоспоры из средне-верхнедевонских отложений Тимано-Печорской провинции. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 136 с.
- Telnova O. P. Miospores from the Middle-Upper Devonian deposits of the Timan-Pechora province. Yekaterinburg: UB RAS, 2007, 136 p. (in Russian)
- Тельнова О. П., Бабикина Н. Н., Котелина Н. О. Актуальность и возможности цифровой трансформации процесса диагностики девонских спор // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: Материалы XVIII Геологического съезда Республики Коми, Сыктывкар, 10–12 апреля 2024 года. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 2024. С. 199–201.
- Telnova O. P., Babikova N. N., Kotelina N. O. Relevance and possibilities of digital transformation of the process of diagnostics of Devonian spores. Geology and mineral resources of the European North-East of Russia: Proceedings of the 18th Geological Congress of the Komi Republic, Syktyvkar, April 10–12, 2024. Syktyvkar: Komi SC UB RAS, 2024, pp. 199–201. (in Russian)
- Шестакова М. А. Разработка и заполнение базы данных «Миоспоры позднего палеозоя» с использованием технологий искусственного интеллекта // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика. 2025. № 1(54). С. 52–68. DOI 10.34130/1992-2752_2025_1_52.
- Shestakova M. A. Development and population of the «Late Paleozoic miospores» database using artificial intelligence technologies. Bulletin of Syktyvkar University, Series 1: Mathematics. Mechanics. Informatics, 2025, No. 1(54), pp. 52–68. (in Russian)
- 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. <https://doi.org/10.1134/S0031030122090040>.
- Raine J. I., Mildenhall D. C., Kennedy E. M. New Zealand fossil spores and pollen: an illustrated catalogue. 4th edition. GNS Science miscellaneous series no. 4. 2011. URL: <https://pal.gns.cri.nz/catalog/index.htm>.
- White J. M. Palynodata Inc. (2008). Palynodata Datafile: 2006 version. Geological Survey of Canada, Open File, 5793, Natural Resources Canada. <https://doi.org/10.4095/225704>.
- Williams John W., Grimm Eric C., Blois Jessica L. et al. The Neotoma Paleocology Database, a multiproxy, international, community-curated data resource // Quaternary Research (United States), 2018. Vol. 89. No. 1. P. 156–177. <https://doi.org/10.1017/qua.2017.105>.

Поступила в редакцию / Received 23.10.2025