

## ПАЛЕОБОТАНИКА И ЕЁ СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

В.П. Мороз

### Ключевые слова

палеоботаника  
петрификации  
растительные отпечатки  
фитотолеммы  
степень сохранности  
пседофоссилии

**Аннотация.** Излагается предмет палеоботаники, ее место в системе биологических наук, основные направления и особенности. Приводится классификация растительных остатков по специфике сохранности.

**Поступила в редакцию** 02.07.2015

Палеоботаника – наука об ископаемых растениях – является синтетической дисциплиной, сочетающей как ботанику, так и геологию. При этом последняя является для палеоботаники не столько инструментом, сколько объектом исследований. В целом, основные направления и разделы палеоботаники дублируют таковые в современной ботанике: систематическая палеоботаника, морфологическая палеоботаника, палеоальгология, палеофлористика, палеокарпология, палеоксилология, палеофитоценология, палеофитогеография и др. Однако, в силу специфических особенностей палеоботаники наряду с ними существуют и особые дисциплины – так, тафономия изучает принципы и структуры захоронения органических остатков, а ихнофитология – отпечатки частей растений и близкие к ним объекты.

«Обычно появление палеоботаники связывают с именем знаменитого французского ученого Адольфа Броньяра, который опубликовал монографию «Histoire des végétaux fossiles» (Brongniart, 1828) с великолепными таблицами, исполненными в виде гравюр. Именно с работ Броньяра начинается официальная история научной палеоботаники, хотя палеоботанические трактаты публиковались и раньше (к ним можно причислить работы Шлотгейма, Штернберга и других европейских ученых)» (Наугольных, 2012).

Научное значение палеоботаники исключительно велико и, более того, оно является мультидисциплинарным. По отношению к современной ботанике, палеоботаника даёт гораздо больше материала для выяснения эволюционных путей и построения филогенетической системы растительного мира, в первую очередь как результат возможности непосредственного изучения вымерших групп. Особенно важно в этом плане установление взаимосвязей, в особенности коэволюционных, между развитием животного и растительного мира. «Есть много интересных вопросов и задач, связанных с необходимостью расшифровать, выяснить репродуктивную биологию тех групп высших растений, которые полностью исчезли в палеозойскую или мезозойскую эру. С изучением мезозойских растений ситуация относительно проще, хотя и им найти аналоги среди современных растений тоже очень сложно. Гораздо глубже проблема с палеозойскими растениями. В истории растительного мира известны крупные группы высших растений (например, сфенофилловые, каламитовые, глоссоптериды, птеридоспермы, войновские и др.), которые практически полностью вымерли в конце палеозойской эры, не оставив потомков. Именно поэтому разобраться в особенностях их физиологии и репродуктивной биологии – задача очень нетривиальная.

© 2016 Мороз В.П.

Мороз Владимир Павлович, н.с. Экологического музея Института экологии Волжского бассейна РАН; 445003, Россия, Тольятти, ул. Комзина, 10; moroff@mail.ru

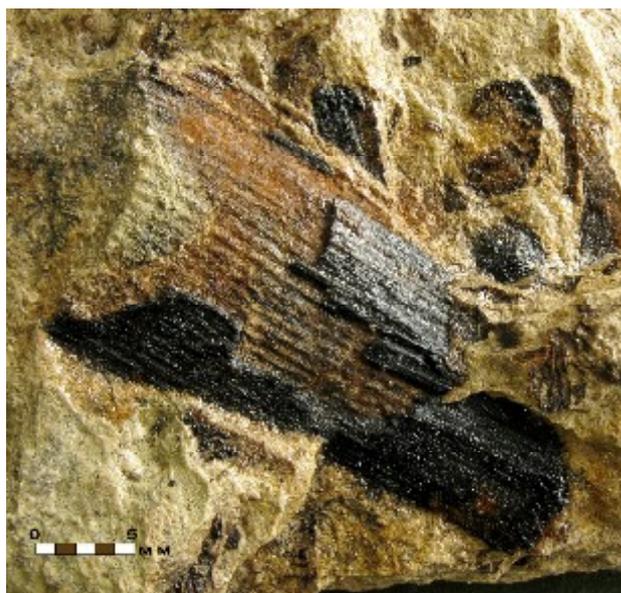


**Рис. 1.** Окременённая древесина лиственной породы – пример петрификации. Палеоцен, саратовский регионарус. Самарская обл., Сызранский р-н. Фонды Самарского ОИКМ им. Алабина (СОИКМ), фото Д.В. Варенова

Silicified hardwood as the example of petrification. Paleocene, Saratovsky regional stage. Samara province, Syzran district. The founts of the Samara provincial historical and local lore museum after the name of P.V. Alabin (SOIKM), photo by D.V. Varenov

**Рис. 2.** Отпечаток листа ивы *Salix* sp. aff. *bebbiana* Sarg. в железисто-известковом туфе. Плейстоцен-голоцен. Самарская обл., Большеглушицкий р-н, ур. Каменнодольск. Определение Н.А. Гашевой (ИПОС СО РАН). Фонды СОИКМ, фото Д.В. Варенова

Leaf imprint of the willow *Salix* sp. aff. *bebbiana* Sarg. in ferruginous travertine. Pleistocene–Holocene. Samara province, Bolshaya Glushitsa district, Kamennodolsk landmark. Definition by N.A. Gasheva (Institute of problems of development of the North Syberian branch of RAS). The founts of SOIKM, photo by D.V. Varenov



**Рис. 3.** Ядро хвощевидного *Paracalamites* sp. с частично сохранившейся фитолеймой ткани побега. Пермь, казанский ярус. Местонахождение Бузбаш (Самарская обл., Камышлинский р-н), 2010 г. Фонды СОИКМ, фото Д.В. Варенова

The inner mould of Equisetophyta *Paracalamites* sp. carrying partly preserved tissue phytoleim of shoot. Permian, the Kazanian stage. The Buzbash location (Samara province, Kamyshla district). The founts of SOIKM, photo by D.V. Varenov

Она требует применения специальных методов, скрупулезной и высококвалифицированной

работы, обеспеченной необходимой методической базой. Сегодня именно в этой

сфере располагаются многие из наиболее важных и горячо обсуждаемых вопросов» [Наугольных, 2012].

С другой стороны, целый ряд направлений палеоботаники – в первую очередь, палеопалинология и тесно связанная с ней палеоальгология, в меньшей степени палеофлористика и другие дисциплины – дают важнейший материал для детального стратиграфического разделения осадочных толщ в геологии. Важнейшим результатом палеофитогеографических исследований, при участии палеозоогеографических и в совокупности с рядом чисто геологических и геофизических методов, являются климатические реконструкции прежних эпох.

В отличие от классической ботаники, описывающей современные растения, палеоботаника вынуждена довольствоваться изучением только растительных остатков, которые в той или иной степени могут быть сопоставлены с современными растениями. Эти остатки имеют специфическую сохранность, по которой принято подразделять их на несколько групп.

Петрификации – растительные остатки с полным замещением органического вещества на минеральное. Они образуются в результате процессов fossilization (см. Морев,

2016) – набора сложных физико-химических превращений, затрагивающих как растительный остаток, так и близлежащие зоны вмещающих осадков. Некоторые из таких процессов, в первую очередь окремнение, происходят настолько быстро и захватывают такой объём, что нередко сохраняют мельчайшие детали клеточного строения fossilizing объекта. Значительную роль здесь играет наличие мощных проводящих систем в большинстве органов растений, что значительно облегчает транспорт минеральных солей внутрь растительного остатка. Исключительно высокая детальность петрификаций даёт возможность изучать материал современными методами, такими, как электронная микроскопия.

Органическое вещество в процессе образования петрификаций может быть вовлечено в биогеохимический цикл как в окислительной среде, так и в сероводородной восстановительной обстановке, в обоих случаях предпочтительно при участии соответствующих бактерий. Конечной стадией петрификации является биоморфоза, или псевдоморфоза по органическим остаткам – замещение органического вещества минеральным с сохранением первоначальной формы (рис. 1).



**Рис. 4.** Мергель текстуры кон-ин-кон. Средняя юра. Самарская обл., Предволжье (из промышленной добычи). П.А. Морев, 1996 г. Экологический музей ИЭВБ РАН, № 3030. Фото Д.В. Варенова (СОИКМ)

Marl of texture cone-in-cone. Middle Jurassic. Samara province, Predvolzhye (mined). P.A. Morov, 1996. The ecological museum of IEVB RAS, No. 3030. Photo by D.V. Varenov

**Рис. 5.** Псилоделан, плёночные дендриты на известняке. Верхний карбон. Самарская обл., Жигули. Экологический музей ИЭВБ РАН. Фото Д.В. Варенова (СОИКМ)  
Psilomelane film dendrites on limestone. Upper Carboniferous. Samara province, Zhiguli. The ecological museum of IEVB RAS. Photo by D.V. Varenov



**Рис. 6.** Биоглифы: ядра нор (ходов) талассоидных раков в песке. Кварцевый песчаник (конкреция). Палеоген, танетский ярус. Сызранский р-н, с. Смолькино, 2006 г. Фонды СОИКМ, фото Д.В. Варенова

Bioglyphs: the burrows inner moulds of thalassoid decapods in sand. Quartz sandstone (concretion). Palaeogene, Tanetian stage. Syzran district, Smolokino, 2006. The founds of SOIKM, photo by D.V. Varenov

**Рис. 7.** То же, фрагмент хода талассоидного рака с узлом на изгибе  
See Fig. 6, a fragment of the communication trench of thalassoid decapod with a knot on the bend



**Рис. 8.** Биоглифы: окремнённый ход талассоидного рака в мелу. Мел, кампанский ярус. Самарская обл., Шигонский р-н, с. Подвалье. Экологический музей ИЭВБ РАН, фото В.П. Морова

Bioglyphs: the silicified communication trench of thalassoid decapod in chalk. Cretaceous, Campanian stage. Shigony district, Podvalye. The ecological museum of IEVB RAS. Photo by V.P. Morov



**Рис. 9.** Биоглифы: фрагменты структур питания донных животных (*Zoophycos* sp.). Карбон, касимовский ярус, кривякинский горизонт, кровля суворовской свиты. Московская обл., Коломенский р-н, карьер Пески. Фото Ю.В. Яшунского (ФГУП «Аэрогеология»), 2013  
Bioglyphs: fragments of feeding structures of benthonic fauna. Carboniferous, Kasimovian stage, Krevyakinsky horizon, the roof of Suvorovskaya suite. Moscow province, Kolomna district, the Peski quarry. Photo by Yu.V. Yashunsky (Federal State unitary enterprise "Aerogeologia"), 2013



**Рис. 10.** Птеридосперм *Permocallipteris wangenheimii*, вайя. Пермь, казанский ярус. Местонахождение Новый Кувак-1 (Самарская обл., Шенталинский р-н), 2008. ГММ СамГТУ. Фото Д.В. Варенова

Pteridosperm *Permocallipteris wangenheimii*, frond. Permian, Kazanian stage. The Novy Kuvak-1 location (Samara province, Shentala district), 2008. Geological and Mineralogical Museum of the Samara State Technical University. photo by D.V. Varenov



**Рис. 11.** Птеридосперм *Permocallipteris wangenheimii*, фрагменты слабо рассечённых вайй. Пермь, казанский ярус. Местонахождение Новый Кувак-1 (Самарская обл., Шенталинский р-н), 2009. Экологический музей ИЭВБ РАН, фото В.П. Морова

Pteridosperm *Permocallipteris wangenheimii*, fragments of poorly dissected fronds. Permian, Kazanian stage. The Novy Kuvak-1 location (Samara province, Shentala district), 2009. The ecological museum of IEVB RAS. Photo by V.P. Morov

Растительные отпечатки представляют собой продукт полного истления растительных остатков с сохранением оттиска на поверхности породы либо полости в ней. Свободный объём при этом не заполняется минеральным веществом. Если остаток имеет внутреннюю поверхность, то могут образовываться противоотпечатки или внутренние ядра (слепки). Процессы образования отпечатков близки к процессам фоссилизации, но, как правило, протекают в условиях недостаточного поступления минерального вещества во время окисления органики остатков (рис. 2).

Фитолеймы – обугленные остатки растений, сохраняющиеся в ассоциации с отпечатками или же в толщах углей (рис. 3). Как правило, они сложены бесструктурным углем, но в случае низкой степени разложения могут быть близки к мумификациям. Фитолеймы образуются в бессероводородной восстановительной – глеевой – обстановке. Поскольку процессы углефикации идут с уменьшением объёма первоначального объекта, то фитолеймы, как правило, сплюснуты.

Перечисленные типы сохранности в разных комбинациях могут быть представлены в одном остатке. Что-то в нём просто отпечаталось на матрице, что-то превратилось в фитолейму, а что-то петрифицировалось. К частным типам сохранности относятся полости, оставленные корнями (в том числе обросшие минеральными отложениями – ризоконкреции), следы активности бактерий или грибов и др. [Мейен, 1987]. Хорошо сохраняются споры и пыльца, что, вкупе со специфичностью методов их исследования, дало основание для выделения палеопалинологии в самостоятельную дисциплину.

Не стоит забывать, что, помимо типа сохранности растительных остатков, особую роль играет и степень сохранности. На неё может одновременно или последовательно повлиять множество факторов. К таковым относятся, в первую очередь, способы и глубина первичного разложения органики, скорость, температура и давление при фоссилизации. Значительна роль повреждений в результате наложенных геохимических процес-

сов, других минеральных преобразований, физико-химических и механических процессов, при поедании, поселении фауны или биотурбации. Помимо того, может происходить частичное разрушение образца при неудачно выбранном способе химического препарирования или в результате окисления замещающего минерала при хранении на воздухе.

Особенно сложная ситуация здесь складывается с древнейшими представителями микрофлоры – как, с одной стороны, наиболее примитивными, а с другой – претерпевшими максимальное воздействие геологических факторов. Данные, приведённые в литературе по таким организмам, нередко впоследствии кардинально пересматриваются.

При сборе материала в отдельных случаях бывает нелегко отличить истинные фоссилии от ложных (пседофоссилий). Последние возникают в результате близких химических процессов, но не имеют в основе органической системы соответствующего уровня. К примеру, способны вводить в заблуждение текстуры кон-ин-кон, обычные для мергелевых прослоев в толщах мезозойских глин (рис. 4). Механизм формирования этих текстур подробно изложен в работе [Колокольцев, 2002]. Дендриты – в первую очередь, сложенные минералом марганца псиломеланом – являются классическим случаем ложных растительных отпечатков (рис. 5).

Помимо хомогенных образований, за растительные остатки нередко принимаются ихнофоссилии (биоглифы) – в первую очередь, норы ракообразных, главным образом декапод. Из-за обилия органики в пределах хода животного, при слабом её выносе, такие норы зачастую фоссилизируются в числе первых объектов – как отдельно, так и в комплексе с матрицей. Биоглифы этой группы могут напоминать древесные побеги, фруктификации следы подземных частей растений в палеопочвах – стигмари и ризоконкреции, слоевища водорослей (рис. 6-8).

Другим видом ихнофоссилий, принимаемых за растения, могут являться следы питания донных организмов, в первую очередь червей и моллюсков (рис. 9).

Очевидно, что разные типы и степени сохранности требуют применения отличающихся методов и методик, что весьма усложняет изучение. Несовпадение по сохранности различных органов или тканей даже для одного растения, а также сезонность отдельных органов приводят к тому, что отнесение конкретного растительного остатка к естественному (ботаническому) таксону зачастую сильно затруднено, а порой и невозможно. Поэтому в систематической палеоботанике особую важность приобретает понятие формального таксона – т.е., таксона, выделяемого по одному отдельно взятому органу (или даже признаку). В результате дальнейших исследований формальные таксоны могут быть отнесены к естественным, однако такое возможно далеко не всегда. Основным препятствием здесь является значительный разброс степени проявления родственного или конвергентного сходства внутри каждой из сопоставляемых формальных групп. С другой стороны, серьезной проблемой является изменчивость и невыдержанность признаков в пределах одного вида и даже целого растения. Так, вайи разного порядка птеридоспермов легко принять за разные виды растений (рис. 10-11).

Формальные таксоны, в первую очередь рода, широко используются для описания плодов, семян, побегов, коры, древесины и др.

Особенно сложным оказалось сопоставление выделяемых по растению ботанических групп (эвтаксонов) и паратаксонов дисперсных спор и пыльцы. Палеопалинологическая таксономия до сих пор является очень удаленной от ботанической. Не всегда возможна привязка формального рода к ботаническому семейству и даже порядку.

Что касается палеофлористики, палеофитогеографии и палеофитоценологии, то основное отличие от соответствующих дисциплин заключается, в первую очередь, наличием временной компоненты, обуславливающей постоянное изменение растительного покрова – границ зон распространения как отдельных таксонов, так и растительных сообществ,

и целых флористических районов. Это связано не только с экологическими и климатическими факторами, но и с геологическими процессами – изменением очертаний суши, горообразовательными процессами, катастрофами и др. С другой стороны, резкие отличия в сохранности различных видов приводят к тому, что принятые за основу в современных дисциплинах признаки вынужденно меняют свои роли и значимости при переходе к палеодисциплинам. Важную роль начинают играть косвенные признаки, привлеченные из смежных дисциплин. Ещё одним фактором является дискретность материала: множественные пропуски как в геологической летописи, так и в пространственном распространении в каждом из временных интервалов могут приводить к неполному описанию картины изменения растительного покрова и ошибочным оценкам. При районировании могут выпадать целые типы растительности – например, растительность высокогорий обычно не представлена в макрофоссилиях.

«Палеофлористическое исследование венчается реконструкцией флорогенеза (флорогении). ... Подобно тому, как филогенетика реконструирует филогению организмов и с этой целью использует и обобщает все сведения о них, так флорогенетика реконструирует происхождение флор. Историческую преемственность флор можно представить в виде флорогенетического древа» [Мейен, 1987]. Важнейший материал для флорогенетики поставляют, помимо прочего, и данные по дрейфу материков. В то же время для домезозойских эпох реконструкции древних материков дискуссионны и оценить достоверность флористических построений на их основе пока трудно.

Особенностью большинства палеоботанических материалов, за исключением споропыльцевых комплексов, является их редкость. По сравнению с большинством прочих фоссилий, остатки листовой флоры мало распространены в осадочных толщах в силу своей специфической сохранности. На территории Среднего Поволжья известно совсем немного её местонахождений, вдобавок, принадле-

жащих различным геологическим эпохам. Масштабы большинства из этих местонахождений крайне малы из-за тафономических особенностей. Именно поэтому достаточно большой процент местонахождений нужно относить к уникальным. Как и другие палеонтологические и минералогические объекты, местонахождения листовой флоры крайне

уязвимы в результате эрозионных процессов и особенно человеческой деятельности. По этой причине желательно всестороннее изучение каждого из новооткрытых местонахождений в кратчайшие сроки. Наиболее важным местонахождениям должен быть своевременно придан статус особо охраняемых природных территорий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Колокольцев В.Г.* Текстура cone-in-cone и ее происхождение. *Литология и полезные ископаемые*, 2002, № 6, с. 612-627.
- Мейен С.В.* Основы палеоботаники. Справочное пособие. М.: Недра, 1987, 403 с.
- Моров В.П.* Процессы fossilization растительных остатков. Фиторазнообразие Восточной Европы, 2016, т. X, № 1, с. 97-138.
- Наугольных С.В.* Палеоботаника. Семь фактов о науке, изучающей ископаемые растения. 2012. [Электронный ресурс]. URL: <http://postnauka.ru/faq/3310> (дата обращения 17.06.2015)

## REFERENCES

- Kolokoltsev V.G.* Texture cone-in-cone and its origin. *Lithology and mineral resources*, 2002, no. 6, pp. 612-627. (in Russian)
- Meyen S.V.* Fundamentals of Palaeobotany. A Reference guide. Moscow, 1987, 403 p. (in Russian)
- Morov V.P.* The processes of fossilization of flora residues. *Phytodiversity of Eastern Europe*, 2016, v. X, no. 1, pp. 97-138. (in Russian)
- Naugolnykh S.V.* Palaeobotany. Seven facts about the science studying the fossil plants. 2012. Available at: <http://postnauka.ru/faq/3310> (accessed 17 June 2015) (in Russian)

## PALAEOBOTANY AND ITS SPECIFIC FEATURES

Morov Vladimir Pavlovich

Scientist researcher; Ecological Museum of the Institute of ecology of the Volga river basin of Russian Academy of Science; 10, Komzina street, Togliatti, 445003, Russia; moroff@mail.ru

### Key words

palaeobotany  
petrifications  
flora imprints  
phytoleims  
degree of preservation  
pseudofossils

**Abstract.** The subject of paleobotany, its place in the system of biology sciences, the main directions and character are explained. The classification of flora residues on the specifics of preservation is given.

**Received for publication** 02.07.2015