

С. А. САФАРОВА

# С МИКРОСКОПОМ В ГЛУБЬ ТЫСЯЧЕЛЕТНИ

АКАДЕМИЯ НАУК  
СССР



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА» · 1964

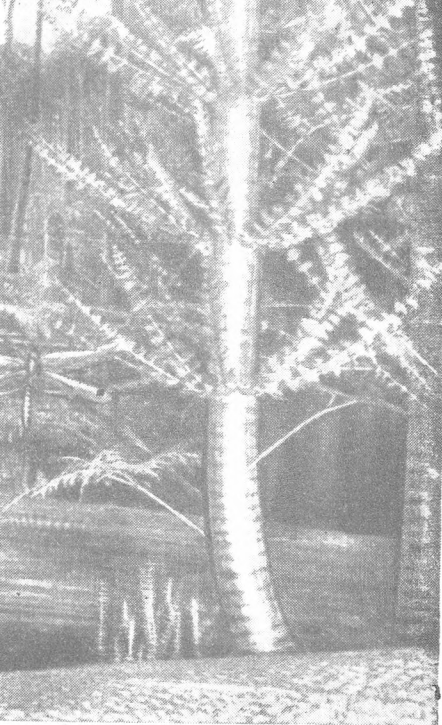
АКАДЕМИЯ НАУК  
СССР

---

*Научно-  
популярная  
серия*



ВВЕДЕНИЕ	5
РОЖДЕНИЕ МЕТОДА	8
ПАЛЕБОТАНИК В «МАШИНЕ ВРЕМЕНИ»	16
КАК СОСТАВЛЯЕТСЯ ЛЕТОПИСЬ	25
ПОЛЕЗНАЯ ПОМОЩНИЦА	41
ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ	49
ЛИТЕРАТУРА	55



С. А. Сафарова

**С** МИКРОСКОПОМ  
В ГЛУБЬ  
ТЫСЯЧЕЛЕТИЙ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА 1964

В книге рассказывается о возникновении, развитии и перспективах использования новой области знаний — палинологии (спорово-пыльцевого анализа). Показано, какое важное значение приобрела эта наука в решении практических задач палеоботаники, географии, геологии и археологии.

Ответственный редактор

*Е. Д. ЗАКЛИНСКАЯ*

«Ум человеческий открыл много диковинного в природе и откроет еще больше, увеличивая тем свою власть над ней...»

В. И. ЛЕНИН

«Открытие почти никогда не делается сразу. Оно лишь последняя ступенька той длинной лестницы, которая создана трудами очень многих»

А. Е. ФЕРСМАН

## Введение

Человечество всегда стремилось подчинить себе время и пространство. Людям XX столетия подвластны колоссальные расстояния: сделаны первые шаги в космические просторы. Труднее победить время. Мечты о такой победе жили в мифах древних, в сказках «Тысячи и одной ночи» и в начале XX в. нашли воплощение в фантастике Герберта Уэллса.

Пока что «машины времени» не существует. Может быть ею станут космические звездолеты будущего, когда они, согласно парадоксу Эйнштейна, возвратят на землю астронавтов, которых встретят их далекие потомки. Направление движения такой «машины времени» будет только одно — в будущее. А как вернуться в прошлое, как узнать, что было на Земле тысячи и миллионы лет назад?

Чтобы обнаружить эту нить Арнадны, которая может дать исследователю твердую уверенность в правильности выбранного пути в лабиринте тысячелетий, ученым различных специальностей приходится много и упорно работать.

Геологи нередко обнаруживают в кусках породы окаменевшие раковины, кости животных или отпечатки листьев и куски древесины. Такие находки говорят о том, что много тысячелетий назад на месте гор было море, а на месте скромных березок и хвойного леса росли субтропические растения. Эти находки помогают читать летопись геологической истории Земли.

Идеи развития Земли возникали уже в средние века. В сочинении арабского писателя Магомеда Кац-

виши, жившего в XIII в., описаны приключения аллегорического путешественника Кидца.

На этот пример ссылался В. В. Докучаев<sup>1</sup>.

«Однажды я проходил по улицам весьма древнего и удивительно многолюдного города и спросил одного из жителей, давно ли основан он?»

— Действительно, это великий город, — отвечал горожанин, — но мы не знаем, с какой поры он существует.

Пятьсот лет спустя я снова проходил по тому же самому месту и не заметил ни малейших следов населения; я спросил крестьянина, косившего траву на месте прежней столицы, давно ли она разрушена?

— Станный вопрос! — отвечал он. — Эта земля никогда ничем не отличалась от того, как ты теперь ее видишь!

— Но разве прежде не было здесь богатого города, — сказал я? — Никогда, — отвечали мне, — по крайней мере, мы никогда его не видели, да и отцы наши нам ничего об этом не говорили.

Возвратившись еще через пятьсот лет, Кидца нашел на том месте море, а на берегу его толпу рыбаков, которые на вопрос: давно ли земля эта покрылась водой, отвечали, что это место всегда было таким же, как теперь...»

Однако изучение истории нашей планеты, основанное на фактах, началось значительно позднее. Первое упоминание об ископаемых остатках растений принадлежит греческому философу Ксенофану (6—5 вв. до н. э.), который сообщал о «лавровых листьях», заключенных в горных породах острова Парос. Таджикский ученый Ибн-Синна (Авиценна), живший в конце X — начале XI в., приписывал происхождение окаменелостей особой «камнетворной силе», рождающей в недрах земли формы, соответствующие растениям и животным. Современники же Авиценны объясняли эти факты «игрой природы».

Только в конце XV в. Леонардо да Винчи впервые высказал мысль, что окаменелости являются остатками когда-то живших растений.

Во времена Петра I в Сибири, на территории Красноярского края, были найдены куски окаменелого дерева, а также «лиственничный окаменелый уголь».

В 1793 г. русский академик П. С. Паллас сообщил о на-

---

<sup>1</sup> В. В. Докучаев. Наши степи прежде и теперь. М.—Л., 1936, стр. 21.

хождении окаменелого дерева близ Красноярска, у деревни Кубековой, о древесных стволах, превратившихся в железняк у деревни Рыбинской. В том же году он описал отпечатки листьев, найденных в третичных отложениях Камчатки.

К сожалению, только небольшая часть остатков растений доходит до нас в достаточно сохранившемся состоянии (рис. 1), позволяю-

щем определить их вид. Эти остатки, обнаруживаемые в толщах геологических отложений, подобны очень древней книге. Некоторые из ее страниц сохранились относительно хорошо и понятны для чтения: на них видны и печатные буквы, и рисунки; на других печать уже стерлась, и общий смысл написанного приходится восстанавливать с трудом по отдельным фразам, а нередко и отдельными словам.

Известно, что специалисты-реставраторы, вооруженные новейшими научными средствами, выявляют первоначальные тексты как будто совершенно испорченных рукописей. Так же обстоит дело и с «книгой природы». Казалось бы, навсегда исчезнувшие буквы геологической летописи можно восстановить. На помощь приходят более совершенные приборы и методы. Используя микроскоп, ученые обнаружили, что в отложениях прошлых эпох растения оставляют не только видимые невооруженным глазом остатки листьев и стеблей, но и массу мельчайших спор и пыльцы. Эти микроскопические ископаемые сохраняются лучше, чем крупные части растения. Изучением растительных остатков с целью выяснения истории флоры и растительности прошлых эпох занимается палеоботаника. Одним из методов палеоботанических исследований является спорово-пыльцевой анализ.

О людях, создавших эту отрасль знания, о значении ее для других смежных дисциплин и народного хозяйства рассказывается в этой книге.

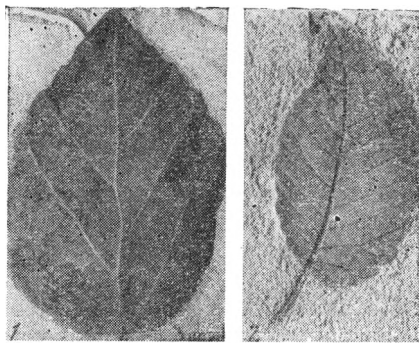


Рис. 1. Отпечаток листа железного дерева (1) и вяза (2) из третичных отложений Молдавии



## Рождение метода

Бродя по лесам и лугам в бурную пору цветения, вы, возможно, обращали внимание на лужи, подернутые бледновато-желтой пленкой, замечали, как во время порыва ветра над ржаным полем поднимается зеленоватая дымка. Это растительный мир расточает в громадном количестве пыльцу — зачатки будущей жизни.

Способность растений производить споры и пыльцу поистине изумительна. Одно соцветие дуба дает за лето 500 тыс. пылинок, соцветие щавеля — до 4 млн. пылинок, соцветие сосны — около 6 млн. Однако для оплодотворения служит только ничтожная ее часть. Громадное же большинство рассеивается в воздухе, разносится ветром и в дальнейшем оседает на почву, поверхность озер, болот и морей.

В каких масштабах может происходить разнос пыльцы, показывает, в частности, такой пример. В 1954 г. жители американского города Давенпорта были свидетелями удивительного явления: над городом прошел дождь голубого цвета. Когда он окончился, всюду остались его необычные следы — голубоватые пятна. Причина этого загадочного явления объяснилась неожиданно просто: в голубой цвет дождевую воду окрасила пыльца американского тополя. Сильный ветер поднял высоко в воздух массу этой пыльцы, которая затем смешалась с дождем.

Возможность изучения пыльцы растений появилась только в 1675 г., после того как Антони Левенгук изобрел микроскоп. С этого времени перед учеными открылся новый мир, полный чудес, не видимых простым глазом. С появлением и усовершенствованием микроскопа человек узнал, что все окружающее его ранее познавалось им неполно. Он увидел, что наряду с нашим миром обычных представлений существует другой мир — мир микромасштабов. Позднейшие исследования показали, что растения прошлых эпох имеют своих «полномочных представителей» в этом мире микромасштабов — пыльцу и споры. В далеком прошлом споры и пыльца, падая на землю или на дно рек, озер, болот, морей и океанов, постепенно покрывались наслоениями пыли, ила, торфа, песка или глыны и сохранялись в этих толщах тысячи и миллионы лет.

Сразу же после изобретения микроскопа ботаники начали изучать морфологию пыльцевых зерен. Целью этих работ было изучение оплодотворения у растений. Судьбой пыльцы, которая рассеивалась и погибала, тогда не интересовались. Поэтому работы по морфологии пыльцы, которые продолжались в XVIII и XIX вв., не выходили за рамки чисто ботанических исследований.

Первые упоминания о нахождении цветочной пыльцы в ископаемом состоянии имеют более чем столетнюю давность и принадлежат немецкому ученому Эренбергу. Примерно в это же время, в 1885 г., его соотечественник Шульце сумел выделить споры из каменного угля при помощи специальной обработки (мацерации)<sup>1</sup>.

К более или менее обстоятельному изучению ископаемых пыльцевых зерен приступил швейцарский геолог Фрю. Результаты его работ были опубликованы в 1885 г. в книге «Критические замечания к познанию торфа».

В 1888 г., исследуя осадки из озер Швеции, зоолог Ф. Трибом отмечал в них обилие пыльцы сосны и ели. Он установил регулярность этих находок и пришел к выводу, что пыльцу и споры необходимо принимать во внимание, как и прочие руководящие палеонтологические остатки.

Ботаническое определение ископаемой пыльцы с указанием количественного соотношения видов сделал немецкий ученый К. Вебер в 1896 г. Эти работы подготовили переход к систематическому изучению спор и пыльцы в геологических отложениях и положили начало зарождению новых научных методов исследований — спорово-пыльцевого анализа и палеопалиноморфологии<sup>2</sup>. Ученые двух стран — России и Швеции — внесли наибольший вклад в становление этих научных дисциплин.

Методика спорово-пыльцевого анализа разработана в Швеции трудами Лагерхейма и его последователя Леннарта фон Поста. Работы этих двух крупных ученых удачно дополняли друг друга. Лагерхейм — разносторонний исследователь, увлекавшийся ботаникой, хорошо знал

---

<sup>1</sup> Мацерация углей — растворение гуминового цемента и выделение более стойких растительных остатков, к которым относятся споры и пыльца (вернее их оболочки).

<sup>2</sup> Палеопалиноморфология — отрасль палеоботаники, посвященная морфологическому изучению ископаемых спор и пыльцевых зерен.

растительный мир всех природных зон от северных лесов и тундр Скандинавии до влажных гилей<sup>1</sup> Южной Америки.

Для геолога Леннарта фон Поста характерна строгая систематичность в работе и способность доводить ее до полного завершения. Оба ученых были представителями правящего шведского общества, но предпочли блестящей карьере высоких правительственных чиновников мало понятные для окружающих научные занятия.

С 1855 г., окончив Упсальский университет и высшую школу в Стокгольме, Лагерхейм изучал бактериологию в Берлине у Роберта Коха. Год, проведенный в лаборатории Коха, в значительной степени повлиял на его дальнейший научный путь.

Лагерхейм занимался исследованием пресноводных водорослей, ржавчинных и головневых грибов, лишайников, различными вопросами ботанической техники, систематикой растений. Однако в историю науки он вошел главным образом как один из основоположников метода спорово-пыльцевого анализа, с помощью которого можно проследить распространение на земном шаре растений, споры и пыльца которых сохранились в ископаемом состоянии.

Лагерхейм один из первых начал экспериментальным путем приводить пыльцу живых растений в «ископаемое» состояние, т. е. придавать ей тот вид, какой пыльца приобретает в естественных условиях, находясь ряд лет в слоях торфа, ила и т. п. По внешнему виду «живая» пыльца несколько не похожа на ископаемую, поэтому благодаря работам Лагерхейма и других авторов ученые смогли перейти к составлению надежных определителей.

Продолжателем работ Лагерхейма по пыльцевому анализу был Леннарт фон Пост. В отличие от Лагерхейма, стремившегося охватить большой круг вопросов, он посвятил свою жизнь изучению четвертичного периода в Швеции. Такой выбор становится понятным, если вспомнить, какую роль сыграли в геологической истории его родины великие оледенения четвертичного периода. На севере страны находился центр, от которого начиналось развитие материковых оледенений, покрывших затем большую часть Европы.

---

<sup>1</sup> Гилей — влажные тропические леса Южной Америки, отличающиеся большой густотой, многоярусностью, богатством и разнообразием видового состава, обилием лиан и эпифитов.

Находки ископаемых спор и пыльцы в торфяных отложениях дали ученому материал для правильного понимания изменений климата, связанных с оледенениями на территории Швеции в четвертичном периоде. Изучая отложения ледниковых и межледниковых эпох, Пост установил 11 фаз эволюции лесов и климата. Он также значительно усовершенствовал методику спорово-пыльцевого анализа, начиная от способов обработки образцов и кончая приемами составления пыльцевых диаграмм, и показал, что метод спорово-пыльцевого анализа может быть использован для выяснения различных вопросов четвертичной геологии и палеогеографии.

В нашей стране идеи применения пыльцевого анализа в геологии нашли дальнейшее развитие в работах К. К. Маркова, И. П. Герасимова, В. Д. Дашьшина и других ученых.

Основоположником спорово-пыльцевого анализа в России был академик В. Н. Сукачев. Еще в 1903 г., будучи ассистентом кафедры ботаники Петербургского лесного института, В. Н. Сукачев обратился к изучению ископаемых спор и пыльцы в торфяниках. Проводя исследования болот и озер в районе Болоее, он нашел в торфе и сапропелях пыльцу ели, сосны, березы, ивы, споры плаунов и различных папоротников. Таким же методом им были обработаны отложения болот Федосихинское и Горкинское, а также озер Боруново и Озеровка. В этих работах он попытался учесть количественное соотношение видов ископаемых растений. На основании данных пыльцевого анализа В. Н. Сукачев пришел к выводу, что сосна и ель существуют в этой местности длительное время. Результаты этих исследований были опубликованы в 1906 г.

Круг интересов молодого ученого охватывал новые области ботанической географии, фитоценологии<sup>1</sup> и лесоводства.

В 1911 г. В. Н. Сукачев провел ботаническое изучение растительных остатков пищи из желудка мамонта, найденного на р. Березовке в Якутской области. В этой работе, которая в свое время произвела сенсацию в научных кругах, впервые за весь период исследований о сибирских мамонтах были опубликованы ценные сведения о расте-

<sup>1</sup> Фитоценология — отдел ботаники, изучающий закономерности состава, развития и распределения на земной поверхности растительных группировок или растительных сообществ.

ниях, которыми питались эти животные, и сделана попытка реставрировать условия их жизни. Выводы В. Н. Сукачева получили дополнительное подтверждение в 1954 г., когда Л. А. Куприянова выполнила спорово-пыльцевой анализ образца содержимого желудка того же березовского мамонта. Хотя разнообразные научные проблемы отвлекали В. Н. Сукачева от занятий спорово-пыльцевым анализом, тем не менее он многократно возвращался к этим вопросам.

В 1939 г. В. Н. Сукачев впервые нашел ископаемую пыльцу древесных пород в лёссе и лёссовидных суглинках. Позднее ученый сосредоточивает свое внимание на исследовании пыльцы в озерных отложениях и разрабатывает так называемый комплексный метод изучения сапропелей. Благодаря этому появилась возможность получить чрезвычайно интересные сведения о четвертичной истории растительности Среднего и Южного Урала.

В России примерно в одно время с Л. Постом работал В. С. Доктуровский — крупнейший болотовед и палеоботаник. Изучая болота и торфы, он использовал пыльцу как палеофлористический показатель. В частности, В. С. Доктуровский пришел к выводу, что ель в России появилась значительно раньше, чем в Скандинавии. В 1917 г. он впервые в России приступил к цифровому количественному учету пыльцевых зерен в торфе. Этот цикл исследований был завершен выходом в 1923 г. обобщающего руководства: «Метод анализа пыльцы в торфе». В том же году В. С. Доктуровский совместно с В. В. Кудряшовым опубликовал первый в мире определитель пыльцы, который был немедленно переведен в Германии на немецкий язык.

В. С. Доктуровский внес значительный вклад в изучение межледниковых отложений. Он впервые применил метод спорово-пыльцевого анализа в археологических исследованиях. В последующие годы Доктуровский приложил много сил для популяризации этого метода в нашей стране. Его роль была тем более значительна, что он руководил изучением торфяных месторождений во многих зонах страны в связи с работами, которые развернулись по осуществлению ленинского плана электрификации России (план ГОЭЛРО), а также был представителем Советского Союза на международных конгрессах. За большие заслуги перед советской наукой В. С. Доктуровский был награжден

ден в 1924 г. золотой медалью Российского географического общества.

В развитии палинологии имели значение и работы советского торфоведа Д. А. Герасимова. На основе анализа спорово-пыльцевых спектров им был сделан вывод об изменении климата и растительного покрова в голоцене.

Новое направление в развитии спорового анализа в нашей стране было начато работами С. Н. Наумовой, А. А. Любер и И. Э. Вальц, применивших этот метод для изучения мезозойских и палеозойских отложений. В дальнейшем они распространились и на протерозойские отложения. Эти работы наряду с большим теоретическим значением получили широкое практическое применение при корреляции<sup>1</sup> угольных пластов, а также при стратиграфическом<sup>2</sup> расчленении протерозойских и нижнекембрийских отложений, крайне бедных руководящими ископаемыми (см. геохронологическую таблицу).

Новый этап в развитии спорово-пыльцевого анализа был связан с появлением метода «обогащения» исходных образцов спорами и пыльцой, созданного В. П. Гричуком в 1937 г. Новая методика значительно расширила возможности применения спорово-пыльцевого анализа, позволив широко использовать его при изучении не только органических, но и минералогенных пород. В настоящее время метод В. П. Гричука применяется во всех лабораториях спорово-пыльцевого анализа в нашей стране и за рубежом.

В СССР образовался большой отряд специалистов-палинологов. Лаборатории спорово-пыльцевого анализа имеются в ботанических, геологических, географических, нефтяных и многих других научно-исследовательских учреждениях нашей страны. А это обстоятельство потребовало специальных пособий, руководств и систематических справочников и определителей для подготовки и целенаправленной работы растущей армии палинологов. Большим

---

<sup>1</sup> Корреляция — сопоставление слоев горных пород или частей разрезов как близких, так и отдаленных территорий для выяснения геологического возраста этих частей и слоев; сопоставление пластов угля одного или различных месторождений.

<sup>2</sup> Стратиграфия — раздел геологии, занимающийся изучением последовательности залегания слоев и толщ и установлением их возраста.

событием в истории пыльцевого анализа в СССР было появление двух первых капитальных руководств: в 1948 г. «Анализ пыльцы и спор и его применение в палеогеографии» В. П. Гричука и Е. Д. Заклинской и затем «Пыльцевой анализ», созданный большим коллективом исследователей. Составители этой книги были награждены Государственной премией.

Большую помощь специалистам по спорово-пыльцевому анализу (палинологам) оказывают работы по морфологии пыльцы современных растений, систематически проводимые М. Х. Моноззон, А. Н. Сладковым и другими учеными. Их определители пыльцы древесных и травянистых растений позволяют установить род и вид растений по ископаемой пыльце из молодых отложений. Такие определения позволяют делать выводы о составе растительных ассоциаций<sup>1</sup> и смене видового состава в растительном покрове в зависимости от изменений климатических условий.

Сейчас спорово-пыльцевой анализ применяется при изучении отложений всех геологических периодов. Особое значение он приобрел при изучении стратиграфии континентальных отложений<sup>2</sup>, в которых споры и пыльца зачастую являются единственным видом руководящих ископаемых.

В последние годы спорово-пыльцевой анализ используется при изучении упавших на землю метеоритов. Как показывают данные Б. В. Тимофеева, в них содержатся спороподобные образования, очень сходные с кембрийскими и докембрийскими формами. Все исследованные метеориты обладают почти одинаковым комплексом этих образований. Это наводит на мысль, что попавшие на землю метеориты, возможно, являются частицами одной планеты.

В области изучения морфологии пыльцы и тонких структур пыльцевых оболочек широко известны работы

---

<sup>1</sup> Ассоциация — растительные сообщества, характеризующиеся определенным видовым составом растений.

<sup>2</sup> Континентальные отложения — породы, образовавшиеся на земной поверхности вне области моря. Одни из них осадочного происхождения: озерные, болотные, речные; другие образуются в результате деятельности ветра или ледника; третьи представляют собой скопления обломочного материала разрушенных выветриванием горных пород.

Геохронологическая таблица

Эра	Период	Средняя продолж. периода, млн. лет
Кайнозойская 55—65 млн. лет	Четвертичный . . . . .	1
	Неогеновый . . . . .	25—30
	Палеогеновый . . . . .	30—35
Мезозойская 110—130 млн. лет	Меловой . . . . .	55—60
	Юрский . . . . .	25—35
	Триасовый . . . . .	30—35
Палеозойская 300—350 млн. лет	Пермский . . . . .	25—30
	Каменноугольный . . . . .	50—55
	Девонский . . . . .	45—50
	Силурийский . . . . .	40—45
	Ордовикский . . . . .	70—80
	Кембрийский . . . . .	70—90
Протерозойская	Существуют только местные подразделения	600—800
Архейская		более 1000

шведского ученого Г. Эрлмана и его сотрудников. В Германии большие исследования по систематике спор мезозоя и палеозоя выполнены Р. Потонье и Г. Кремцом; ценные работы в связи с археологическими исследованиями опубликованы Штраком. Важные данные по характеристике климата и растительности ледникового периода получены австрийским палинологом Г. Гамсом и датским ученым Я. Иверсенем, который в содружестве с К. Фегри написал широко известное руководство по основам пыльцевого анализа. Интересные работы в области палинологии проводят ученые Польши, Чехословакии, Венгрии, Австрии, Индии, Америки, Японии, Новой Зеландии и других стран.



## Палеоботаник в «машине времени»

Путешествующий «по времени» герой Герберта Уэллса совершал свои экскурсии в прошлое и будущее в фантастическом аппарате из никеля и горного хрусталя, в окружении рычагов и циферблатов сложных приборов. Палеоботаник погружается в глубь тысячелетий, находясь в гораздо более обыденной обстановке. На столе — микроскоп, осветительная лампа, подготовленные для просмотра предметные стекла с препаратами. Осторожно передвигая стекло под объективом микроскопа, ученый с напряженным вниманием просматривает все части препарата. Перед взором проходят разнообразные частицы. Встречаются бесформенные минеральные и растительные остатки, кусочки обуглившейся растительной ткани... Но вот глаз уловил образования правильной формы с выраженным рисунком на поверхности — пыльцу или спору. Форма пыльцы может быть самой разнообразной и причудливой: близкой к шару, эллипсоиду, пирамиде и т. д. Пыльца березы, например, похожа на чечевичное зерно, с тремя порами, расположенными по ее экватору; пыльца сосны состоит из эллипсоидального тела и двух шаровидных «воздушных мешков» (рис. 2; *a, б*). Чаще всего пыльца растений встречается в виде одиночных пыльцевых зерен, но иногда они соединены по два — диады, по четыре — тетрады (рис. 2; *в, г*); а то и в целые грозди — поллинии.

Несколько особняком стоит пыльца некоторых хвойных растений: сосны, ели, пихты, кедра и др. Характерная черта их строения — наличие по бокам основного тела воздушных мешков; обычно их два, но у некоторых даже три (рис. 2; *д, е*). Благодаря им удельный вес пылинки значительно уменьшается, и увеличивается возможность переноса их ветром на далекие расстояния, иногда более чем за тысячу километров<sup>1</sup>.

Пылинки, или, как принято их называть, «пыльцевые зерна», имеют небольшую величину: они измеряются сотыми и тысячными долями миллиметра (микронами).

<sup>1</sup> Ученые обратили внимание на аэродинамические свойства пыльцы различных видов растений и установили, что пыльца сосны летает по принципу аэростата, а спора плауна — вертолета.

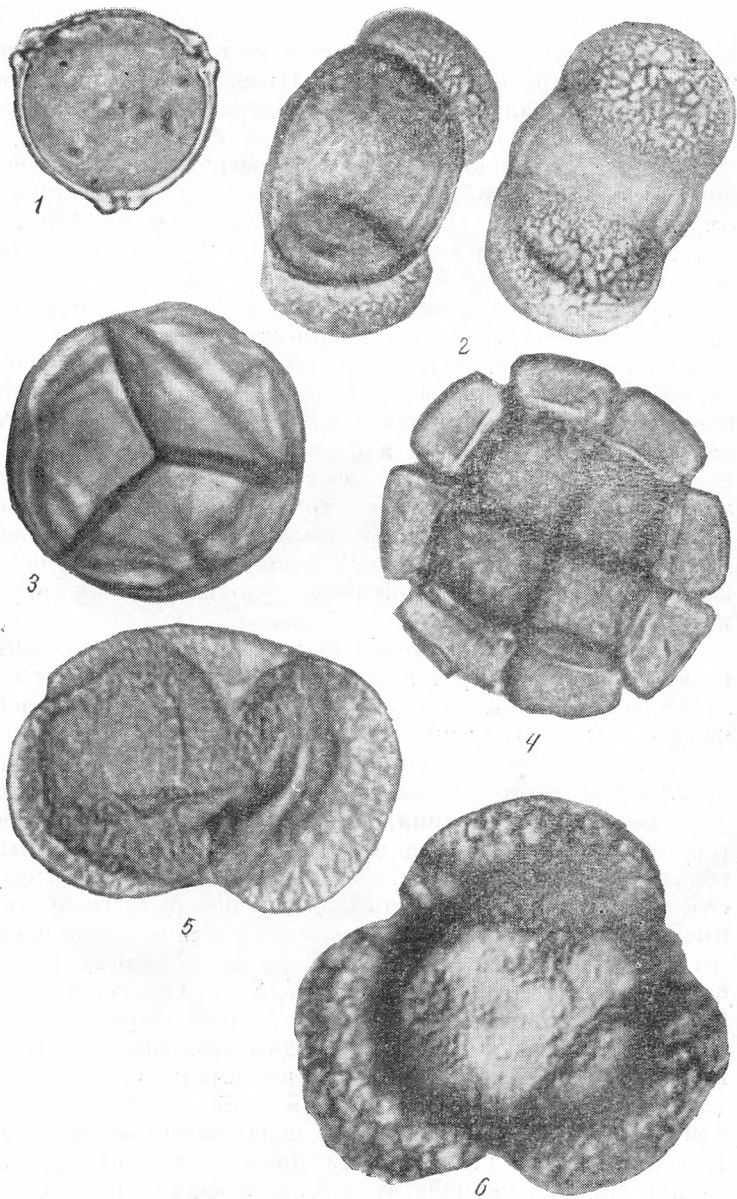


Рис. 2. Пыльцевые зерна

1 — береза; 2 — сосна; 3 — вереск; 4 — мимоза; 5 — кедр (с двумя мешками);  
6 — подокарпус докридионидный (с тремя мешками)

Увеличено в 600—1000 раз.

Каждому виду растений соответствует пыльца определенной формы, строения и размера. Пыльца имеет сложное строение; центральная часть ее, содержащая протоплазму, облечена несколькими оболочками.

Внутренняя оболочка, которая облегает непосредственно протоплазму, — тонкая, нежная, гладкая и прозрачная. Она называется интиной и состоит из целлюлозы, в ископаемом состоянии почти никогда не сохраняется. Наружная же оболочка, называемая экзиной, сложена стойким веществом — спорополленином, который и обеспечивает ей особенно хорошую сохранность.

Пыльцевые и споровые оболочки выдерживают нагревание до температуры  $300^{\circ}$ , обработку щелочами или концентрированными кислотами; от механических воздействий (перетиранье, удары и прочие) пылинку спасают ее небольшие размеры. Благодаря всем этим свойствам оболочки пыльцы и спор хорошо сохраняются в различных по происхождению континентальных и морских отложениях. Однако лучше всего они «консервируются» в осадках органического происхождения (уголь, торф, ил, сапропель).

Пыльцевое зерно, которое мы рассматриваем под микроскопом, лишено протоплазмы и интины (они разложились). В сохранившемся виде до нас доходят лишь оболочки, своего рода «мумии» микроскопического организма.

Экзина, в свою очередь, представляет собой чрезвычайно сложное многослойное образование. Внешний слой ее (так называемая секзина) очень сложно устроен и состоит из структурных элементов (столбиков, различным образом расположенных, свободно стоящих или сросшихся). У некоторых видов пыльцы на поверхности экзины имеются скульптурные образования. У одних видов пыльцы они имеют вид неровностей, у других — форму шипов, бородавок или бугорков (рис. 3; 1, 2, 3). Они часто образуют оригинальные красивые узоры. Рассматривая также пыльцевые зерна в плане, мы видим, что поверхность их представляется нам мраморной, крупноточечной, ячеистой (напоминающий соты), струйчатой или сетчатой (рис. 3; 4, 5, 6). Скульптурные образования имеют большое значение в установлении принадлежности пыльцы к определенному семейству, роду или виду растений. Они также предохраняют пыльцевые зерна от внешних механических воздействий.

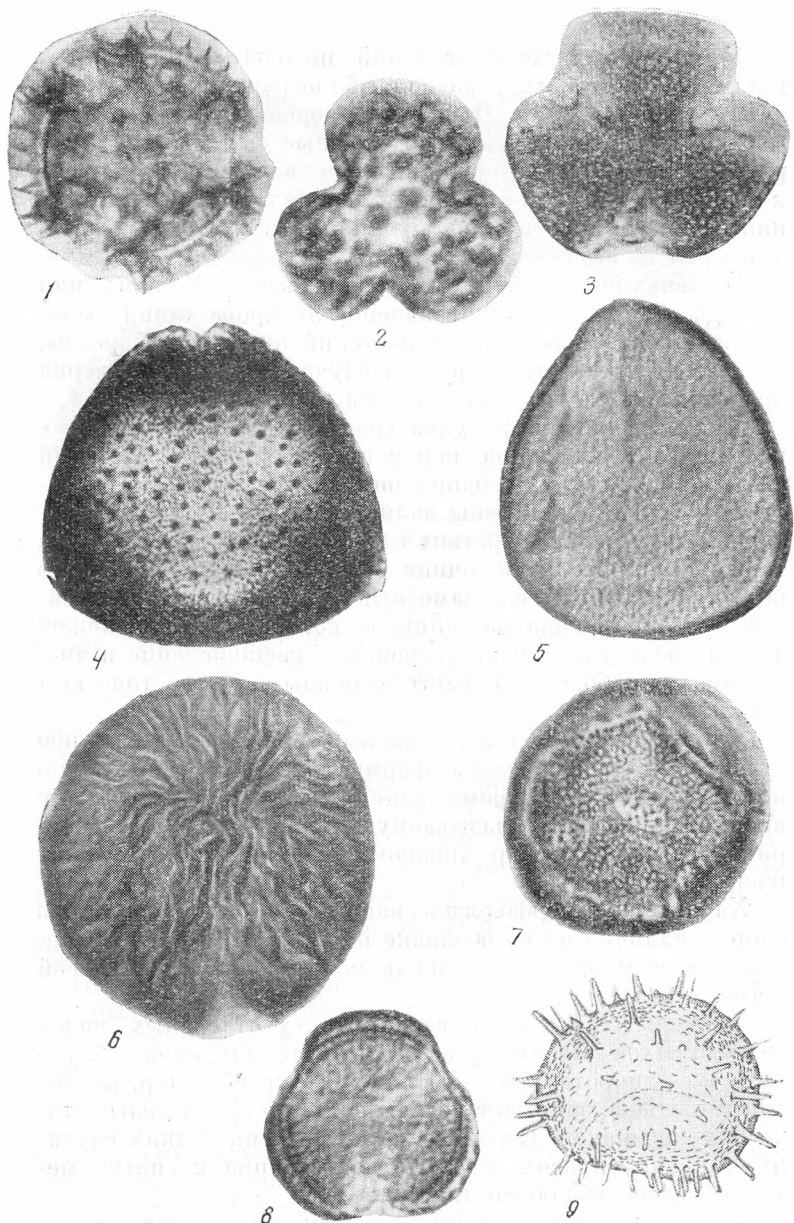


Рис. 3. Строение поверхности пыльцевых зерен

1 — крупношиповатая поверхность, 2 — крупнобугорчатая, 3 — мелкосетчатая, 4 — мелкошиповатая с бугорками, 5 — мелкобугорчатая, 6 — мраморовидная со струйчатой структурой, 7 — с большим количеством пор, 8 — с тремя бороздами, 9 — с одной бороздой. Увеличено в 500—1000 раз

У ветроопыляемых растений пыльца обычно имеет гладкую поверхность, реже со слабо выраженными скульптурными элементами. Пыльцевые зерна насекомоопыляемых растений несут довольно сложные скульптурные выросты, благодаря которым пыльца надежно прилипает к хоботкам и лапкам насекомых. Такие особенности строения возникли, конечно, не случайно и являются результатом длительного естественного отбора.

Пыльцевые зерна имеют так называемые поры, или борозды. Это место предназначено для прорастания пыльцевой трубки. У некоторых растений поры, или борозды, на пыльце отсутствуют; в этом случае прорастание зерна происходит путем разрыва экзины в ослабленной зоне.

Как мы видим из рисунка (рис. 3; 7, 8, 9), количество, расположение и форма пор у пыльцы разных растений сильно отличаются: у одних они в виде крупного отверстия, у других окаймлены валиком несколько утолщенного участка экзины, у третьих глубоко погружены. Борозды также различны по величине и форме. То они узкие, то широкие, а у иных еле заметны. При определении семейства, рода или вида растения, к которому принадлежит данное пыльцевое зерно, устройство, расположение и число пор, или борозд, служит основным диагностическим признаком.

Споры, так же как и пыльцевые зерна, имеют сложное строение и разнообразную форму (рис. 4). Оболочки некоторых видов спор, кроме экзины, иногда имеют еще одну внешнюю оболочку, называемую периспорием. Периспорий у некоторых спор хорошо сохраняется и выглядит очень красиво.

Характерная морфологическая особенность большинства спор — наличие на ее оболочке щели, через которую происходит ее прорастание; щель может быть однолучевой и трехлучевой.

Размеры спор сильно варьируют: у отдельных видов зеленых мхов они имеют всего лишь 16 микронов, а у некоторых папоротников — 70 микрон. Окраска спор, так же как и пыльцы, занимает последнее место среди диагностических признаков. Им пользуются в очень редких случаях, так как окраска довольно непостоянна и сильно меняется от способа обработки.

При определении систематической принадлежности пыльцы и спор нужно обращать внимание на такие при-

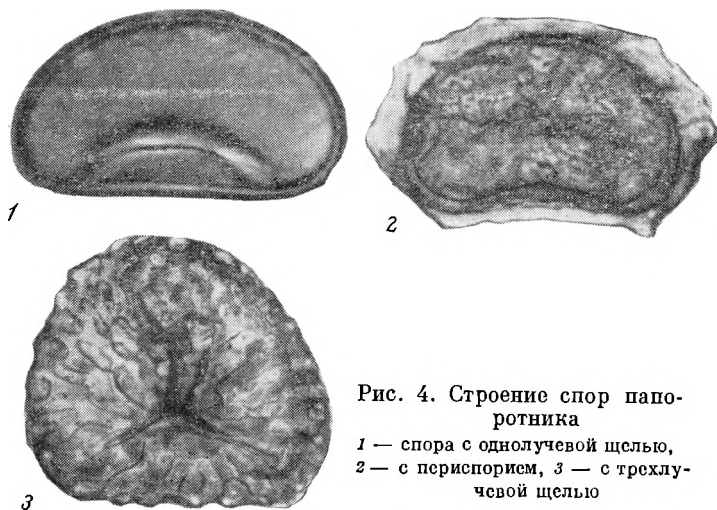


Рис. 4. Строение спор папоротника

1 — спора с однолучевой щелью,  
2 — с периспорием, 3 — с трехлучевой щелью

знаки, как строение, число и расположение пор, борозд, щелей; строение, форма и очертание пыльцевого или спорового зерна; структура (внутреннее строение) и скульптура экзины (выступы, шипы и пр.). Все указанные признаки характерны для того или иного рода и вида растений. Благодаря им часто по одной пылинке или споре, пользуясь микроскопом, можно узнать, какому растению они принадлежат. Конечно, это можно сделать только в том случае, если ископаемая пыльца или спора найдены в так называемых молодых отложениях, которые образовались в те геологические времена, когда флора Земли была уже близка к современной.

Но прежде чем приступить к рассмотрению и изучению пыльцы под микроскопом, необходимо ее выделить из образца горной породы, который мы отобрали из интересующего нас разреза. Как же это сделать?

Добывание пыльцы и спор из горных пород производится в специальных лабораториях и требует большого искусства. От правильной технической обработки проб, отобранных из естественных отложений или из скважин для производства спорово-пыльцевого анализа, зависит дальнейший успех исследования, связанного с микроскопией.

Обрабатывается порода разнообразными методами. Применение того или иного метода обработки горных

пород для получения наибольшего количества заключенных в породе пыльцы и спор зависит от литологического<sup>1</sup> состава и происхождения породы. Суть обработки заключается в освобождении пыльцы и спор от мешающих анализу примесей. А «примесями» являются элементы тех пород, в которых пыльца и споры сохранялись.

В торфах и торфянистых глинах пыльцы обычно много. Размельчить небольшой кусочек торфянистой породы, отварить ее в щелочи для избавления от склеивающих гуминовых кислот — и можно уже рассматривать капельки полученной смеси под микроскопом.

Делается это в так называемой глицериновой среде: капелька приготовленной породы смешивается с глицерином и из этой смеси готовится препарат для просмотра. Но этот примитивный метод обработки пригоден только в том случае, когда исследуемая порода переполнена пыльцой (до 10—20 тыс. зерен на 1 г породы), а это бывает очень редко.

В основном палинологам приходится иметь дело с горными породами, содержащими очень мало пыльцы и спор. Подготовка таких пород к микроскопическому анализу очень сложна и требует большой затраты времени. Излагать последовательно все процедуры, необходимые для извлечения пыльцы, здесь, конечно, невозможно, по этому вопросу написаны специальные руководства.

Мы расскажем лишь об основных принципах этой обработки. Заключаются они в том, что изучаемую породу необходимо как можно мельче раздробить, сделать ее наиболее доступной для воздействия кислот, щелочей и других химических веществ, с которыми связана обработка, а затем отделить пыльцу и споры от минеральных и углистых частиц, в которых они были заключены в породе. Размельчение породы производится механическим путем (куски породы размельчаются в специальных ступках или в специальных приборах с помощью ультразвука), а затем эта измельченная до состояния порошка порода поступает в обработку.

Конечным этапом обработки является разделение специально подготовленной породы на фракции с различным

---

<sup>1</sup> Литология — наука об осадочных породах и их происхождении с момента образования вещества осадочных пород до начальных стадий метаморфизма.

удельным весом с помощью сепарационного метода В. П. Гричука<sup>1</sup>.

При центрифугировании такой смеси минеральные частицы (основная масса породы) оседают на дно центрифужных стаканов, а органические остатки, в том числе и пыльца, всплывают наверх. Дальнейшая обработка производится уже именно с той частью породы, которая всплывает в тяжелой жидкости.

Вес и объем отделенной «органической части» в сравнении с весом и объемом поступившего в обработку образца ничтожны. Представьте себе такие соотношения: в обработку взят кусок песчаника весом 400 г, а вес выделенной органической части — доля грамма. К тому же и в этой доли грамма содержится не только пыльца и споры, но и масса мельчайших кусочков растительной ткани, угольков, клеток водорослей.

Для того чтобы освободить пыльцу и споры от этих примесей, приходится прибегать еще к целому ряду манипуляций, с помощью которых растворяют и разрыхляют кусочки растительной ткани. При этом употребляются крепкие кислоты, пергидрол, уксусный ангидрид и многие другие химические вещества. Все манипуляции связаны с центрифугированием, длительным отстаиванием и отмучиванием в растворах и постоянным наблюдением за состоянием органических остатков под микроскопом.

В результате технической обработки, называемой в общей сложности «обогащением», мы получаем из большой навески горной породы незначительное количество осадка, содержащего пыльцу и споры. С этим осадком и связана дальнейшая работа палинолога, который должен выяснить систематическую принадлежность находящейся в нем пыльцы и спор, подсчитать примерное процентное содержание различных ее видов, сделать морфологическое описание найденных видов, суммировать полученные данные в виде таблиц, диаграмм, заключений. И, наконец, рассказать о том, к какому типу растительности принадлежат обнаруженные виды пыльцы и спор и какой возраст имели обработанные породы.

---

<sup>1</sup> Метод заключается в центрифугировании породы в смеси с так называемыми тяжелыми жидкостями, удельный вес которых больше удельного веса органического вещества и меньше удельного веса основных породообразующих минералов.



Микроскопические исследования занимают одно из центральных мест в работе палинолога. Таким путем ученые получают исходные данные, на основе которых в последующем устанавливают закономерности изменений растительности и климата в изучаемом районе в тот или иной отрезок времени.

Однако и здесь палеоботаника может подстергать много неожиданностей. Иногда в образце наряду с пыльцой, соответствующей исследуемому периоду, содержится некоторое количество пыльцы и спор, принадлежащих слоям другого возраста, которые были вынесены из них водой или ветром и затем отложились вторично, — переотложенная пыльца. Иногда они могут составлять до 30% встреченных в образце пыльцы и спор. Следует также учитывать неодинаковый разлет пыльцы различных видов и ряд других обстоятельств. Таким образом, путешествие палеоботаника «во времени» требует от него большого искусства и знаний не только в своей отрасли, но также и в смежных дисциплинах.

Мы познакомились с принципом определения ископаемых пыльцы и спор, имеющих своих аналогов среди современных растений. Но как поступают, если встречаются пыльца и споры растений, которые уже перестали существовать на Земле, но в то же время были предками современных растений. Для таких случаев ученые разработали искусственные классификационные системы, в которые группируются по морфологическим признакам «неопределимые» формы. В таких системах ископаемые формы получают условное название. Морфологически близкие формы группируются по ряду признаков в условные (формальные) виды, роды и более высокие условные группы.

С 1937 г. и до настоящего времени в СССР широко распространена искусственная система С. Н. Наумовой, А. А. Любер и И. Э. Вальц, Р. Потоны и Г. Кремпа и других исследователей. Ученые, продолжая разрабатывать классификационные системы, ставят перед собой задачу как можно ближе приблизить их к естественной системе растений. Большую помощь в этом оказывает изучение морфологии спор, выделенных непосредственно из спорангиев, сохранившихся вместе с отпечатками вай<sup>1</sup>, есте-

<sup>1</sup> Вайя — лист саговников, папоротников и пальм, чаще перистый или дланевидный в отличие от хвоя и обычных листьев деревьев и трав.

ственная принадлежность которых хорошо известна. Сравнительное исследование спор и пыльцы ископаемых и современных растений также позволяет иногда выявить их естественную принадлежность.

Попытку найти переход от морфологических систем к естественной сделал немецкий ученый Пфлуг. Анализируя пыльцу древних покрытосемянных растений, он построил так называемые морфологические ряды. В результате детального изучения морфологии пыльцы и спор отдельных видов и групп растений ученым удалось также постепенно установить генетические связи многих папоротниковых и голосемянных растений древних эпох с их современными потомками. Предков многих современных растений можно найти уже с мелового и даже более древнего геологического времени.

Ученые упорно работают над дальнейшим совершенствованием методики исследований палеоботанических остатков. Для технической обработки пород начинают применять ультразвук, для более детального исследования пыльцевых зерен — люминесцентный микроскоп и рентгеновские лучи; для микрофотографирования — ультрафиолетовые источники света. При установлении возраста пластов пыльцевой анализ сочетают с радиоуглеродным. Исследователи, занимающиеся вопросами морфологии пыльцы, используют достижение современной физики — электронный микроскоп.

Если в середине XX в. палеоботаник проникает в глубь тысячелетий при помощи обычного микроскопа, то в конце века он, возможно, будет раскрывать тайны прошлого, вооружившись арсеналом разнообразных сложнейших приборов.

## **Как составляется летопись**

Мы уже говорили о первом этапе в работе палинолога — изучении пыльцы под микроскопом. Каждая отдельная пылинка или спора, которую мы сумели «узнать» на предметном стекле, всего лишь одна правильно прочитанная буква в многотомной истории растительного мира.

Когда же мы сумеем расшифровать все виды встречающихся в одном образце пыльнок и спор, это будет означать, что мы прочитали в ней несколько слов. Во всяком языке место словам указывает грамматика, и у тех, кто читает книгу природы, также есть своя «грамматика». Вот в чем она заключается.

Образцы, которые исследуют при помощи пылецевого анализа, дадут нам возможность составить летопись растительного мира только тогда, когда они будут взяты согласно определенной методике. Образцы следует брать в таких геологических отложениях, которые в течение длительного периода постепенно, из года в год, наращивали свою мощность. Наиболее удобными для этого объектами являются горизонты, обогащенные материалом органического происхождения: торф, глины, угли, мелкоземистые осадки водоемов (илы, сапропели), а также образующиеся из них горные породы (аргиллиты, алевролиты). В современных болотах мы часто обнаруживаем многометровые толщи торфа, а прирост его в год составляет всего лишь 0,5—1 мм. Еще большую мощность имеют осадочные породы дочетвертичного возраста. Следовательно, для их образования потребовались колоссальные периоды времени, которые измеряются тысячами и миллионами лет.

Анализируя пыльцу и споры в образцах, взятых последовательно от основания разреза естественных обнажений или специальных выработок (шурфов, скважин) до дневной поверхности, ученые могут получить представление об истории растительности за этот период.

Выполненные в последние годы работы показали, что изучение морских осадков также представляет особый интерес для палеоботанических и биостратиграфических исследований, так как, изучая их, ученые могут сопоставить данные по разновозрастной фауне и флоре.

Еще в 1892 г. известный русский геолог И. А. Андрусов, изучая илы Черного моря, обнаружил в них большое количество пыльцы хвойных. В 1951 г. сотрудники Института океанологии обнаружили пыльцу наземных растений в Тихом океане, на глубине более 10 тыс. м (Филиппинская впадина). В 1953—1963 гг. исследование поверхностных морских отложений со дна Охотского моря и Тихого океана позволили Е. В. Кореневой составить карты и схемы количественного распределения и качественного состава пыльцы в отложениях дна моря и океана.

Развивающиеся сейчас исследования донных отложений океанов и открытых морей в значительной мере облегчают труд исследователей, применяющих метод спорово-пыльцевого анализа при биостратиграфических работах в тех районах, где распространены древние морские отложения.

В различных породах пыльца и споры содержатся не в одинаковом количестве. Так, в 1 г образца торфа или сапропеля может их оказаться до 10—20 тыс., в минералогенных осадочных породах может быть несколько зерен. Поэтому и размеры образцов для спорово-пыльцевого анализа должны быть различны по весу: образцы минеральных пород берут весом от 100 до 200 г, а иногда и значительно больше, органических — от 5 до 100 г.

Образцы отбираются через различные интервалы в зависимости от характера и мощности отложений: в суглинках и глинах — через 20—25 см, в торфах — через 5—10 см и больше, иногда берут образцы без интервалов в виде маленьких монолитов длиной 20—30 см и сечением приблизительно  $3 \times 4$  см. В разрезах, где однообразные породы слагают слои в сотни метров мощностью, приходится отбирать на анализ пробы через большие промежутки.

При изучении обработанных проб под микроскопом также следует придерживаться определенной последовательности, т. е. начинать аналитическое изучение с самых древних слоев. На геологическом языке в таком случае говорят: «снизу вверх». Это поможет лучше представить последовательное изменение растительности за время образования анализируемой толщи.

Читая специальную литературу по методике спорово-пыльцевого анализа или работы геолого-географического профиля, в которых приводятся палинологические данные, можно встретить выражения: «спорово-пыльцевой спектр» или «комплекс пыльцы и спор». Что же эти выражения означают?

Изучая под микроскопом препарат за препаратом, палинолог отмечает в книге анализов каждую встречаемую пылинку или спору. В результате получается длинный список наименований и против каждого из них стоит серия черточек. Каждая черточка — это зафиксированная находка пыльцы определенного вида растения. При обработке полученных данных подсчитывается общее число

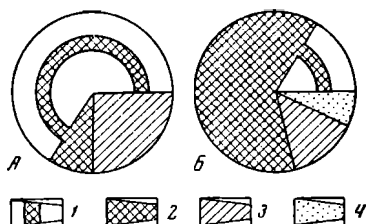


Рис. 5. Пыльцевые спектры древнего голоцена (по М. И. Нейштадту)

А — центр Европейской России;  
 Б — Прибалтика; 1 — ель, 2 — сосна,  
 3 — береза, 4 — ольха

пыльцевых и споровых зерен, обнаруженных во всех изученных препаратах, относящихся к одному образцу горной породы. А потом вычисляется процентное соотношение отдельных представителей. Состав пыльцы и спор, выделенных из образца горной породы, характеризующий какой-то определенный горизонт изучаемого разреза, представленный в виде процентного

соотношения, принято называть спорово-пыльцевым спектром.

Перечень видов пыльцы и спор (безразлично, по какой из принятых систем — искусственной или естественной — определены эти виды) без указания процентных соотношений может быть назван комплексом. Термин «комплекс» может быть применен и в более широком смысле, при перечне основных видов пыльцы и спор, которые характеризуют отложения целой группы слоев или флору определенного отрезка геологического времени.

Спорово-пыльцевые спектры — это основной элемент статистических данных. Изменения в составе спорово-пыльцевых спектров снизу вверх по разрезу отражают изменения в составе растительности в продолжение того времени, когда формировалась изучаемая горная порода. Если спорово-пыльцевые спектры относятся к одному, небольшому промежутку времени, комплекс их может указывать на характер растительного покрова всего этого времени.

Суммарные данные анализа спектров иногда изображают в виде круговых диаграмм. Для наглядности за 100% принимается площадь круга, разделенного на секторы, площади которых относятся друг к другу так же, как проценты пыльцы и спор различных групп растений (древесных, травянистых или же семейств, родов и т. п.).

В качестве примера приведем спорово-пыльцевой комплекс, характерный для растительности древнего голоцена северных районов Европейской части СССР и в Прибалти-

ке (рис. 5). Схема показывает, что в первом случае господствующее положение в этот период занимала ель (в Прибалтике был, видимо, более влажный климат), а березы было меньше. Во втором случае в древнем голоцене господствовала сосна.

Для того чтобы наглядно представить данные спорово-пыльцевых анализов по всему разрезу, вычерчивают «пыльцевые диаграммы»<sup>1</sup>. Они строятся по такому принципу: с левой стороны в виде колонки дается литологическая характеристика отложений по горизонтам разреза (скважины). Параллельно колонке на оси ординат сверху вниз откладываются глубина взятия проанализированных образцов, а по оси абсцисс, слева направо, — состав спорово-пыльцевых спектров. Для того чтобы было ясно, пыльца каких растений представлена на диаграмме, ее обозначают определенными, твердо установленными символами (для групп растений, составляющих элемент ландшафта, также установлены специальные символы). Изучив значение этих символов, специалист может «читать» диаграмму — небольшой кусочек летописи геологического и физико-географического прошлого Земли. В качестве примера приведем спорово-пыльцевую диаграмму отложений 19-метровой террасы р. Ип, притока Ангары (рис. 6).

Как видно на диаграмме, во время формирования всей толщи осадков существовала лесная растительность, но состав леса в разные периоды был различен. Во время накопления горизонта песков преобладала пыльца хвойных. Причем пыльца кедр составляла 35%, пыльца ели — 16% от суммы пыльцы древесных, небольшой процент занимала пихта. Береза составляла лишь 7%. Единично встречена пыльца липы и дуба.

В отложениях суглинков состав пыльцы изменяется. Исчезают широколиственные породы и ель, кедр встречается единично. Береза занимает первое место. В соответствии с изменением лесного покрова менялся и состав травянистых ассоциаций, а также состав споровых растений.

Однако данных, полученных на основе изучения одного разреза или скважины, еще мало для того, чтобы составить правильное представление о смене растительных

<sup>1</sup> Есть несколько способов составления диаграмм. Мы останавливаемся на более распространенном способе изображения результатов анализа, предложенном Л. Постом.

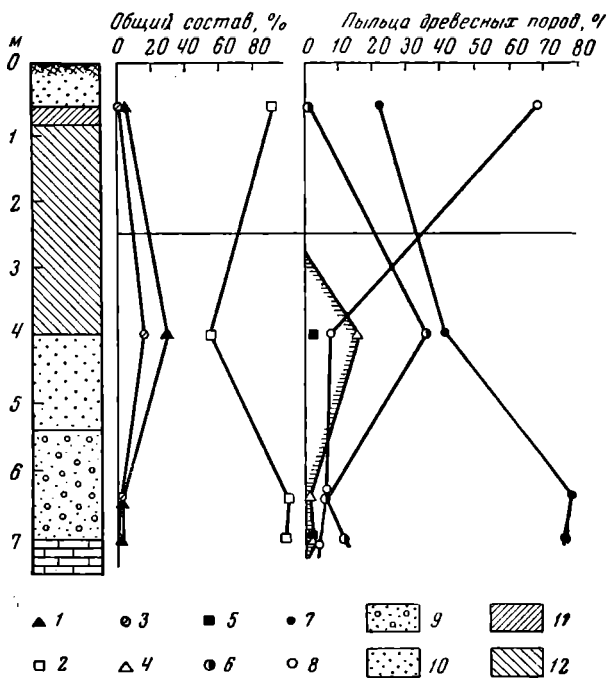


Рис. 6. Спорво-пыльцевая диаграмма террасы р. Ип  
(по М. П. Гричук)

1 — сумма спор; 2 — пыльца древесных растений; 3 — пыльца травянистых и кустарничных растений; 4 — ель; 5 — пихта; 6 — кедр; 7 — сосна; 8 — береза  
а — песок с галькой; б — песок; в — суглинок легкий; г — суглинок тяжелый

сообществ на исследуемой территории. Результаты анализов одного разреза или скважины можно сравнить с одним предложением из летописи растительного мира. Чтобы осветить ее более или менее полно, необходимо изучить большое количество разрезов или скважин, заложенных в различных местах и отложениях интересующего нас периода. Выводы следует сопоставить с данными по истории растительности и климата, полученными на основе изучения листовых отпечатков, ископаемых плодов и семян, анатомии ископаемой древесины и даже в некоторых случаях ископаемых остатков диатомовых водорослей.

По результатам исследования большого количества разрезов в определенной зоне строят схематизированные пыльцевые диаграммы отложений обширного района. Примером может служить схематизированная пыльцевая диаграмма для четвертичных отложений Приангарья (рис. 7). Такие диаграммы используют для сравнения результатов спорово-пыльцевых анализов, проведенных другими исследователями, и установления стратиграфической принадлежности того или иного горизонта. Диаграммы позволяют также сделать выводы об изменениях в растительном покрове за определенный промежуток времени.

Понятно, что восстановление истории растительности по данным палеоботанических находок представляет собой довольно трудное и сложное дело. Некоторые исследователи скептически относились к попыткам представить достаточно полно историю растительного и животного мира. В прошлом веке немецкий ученый Гёбель высказал даже мысль, что палеоботанический и палеонтологический материалы подобны библиотеке, которая подвергалась пожару, потом наводнению, затем была разъедена мышами и развеяна ветром. Однако прогресс науки опроверг это пессимистическое заключение и дал возможность прочитать историю растительности нашей планеты от самых древних эпох. Важную роль в этом сыграл наряду с другими метод спорово-пыльцевого анализа.

Для правильного чтения пыльцевых диаграмм и для правильного понимания данных спорово-пыльцевого анализа молодых (четвертичных) отложений большое значение имеют работы по сопоставлению современной растительности с составом спорово-пыльцевых спектров из современных же почвенных проб. Исследования показали, что для каждого типа растительного покрова (лес, степь, пустыня, тундра, лесостепь) характерен своеобразный состав спорово-пыльцевых комплексов и что на основании данных спорово-пыльцевых анализов можно прекрасно представить себе, в какой растительной зоне располагался тот район, где отлагались изучаемые осадки. Так восстанавливаются картины далекого прошлого Земли. Однако при изучении изменения растительного и животного мира в прошлом нужно всегда иметь в виду, что лик Земли также непрерывно изменялся, и очертания суши были иными. Современные материки и острова могли в прошлом представлять одно целое и, напротив, отдельные части



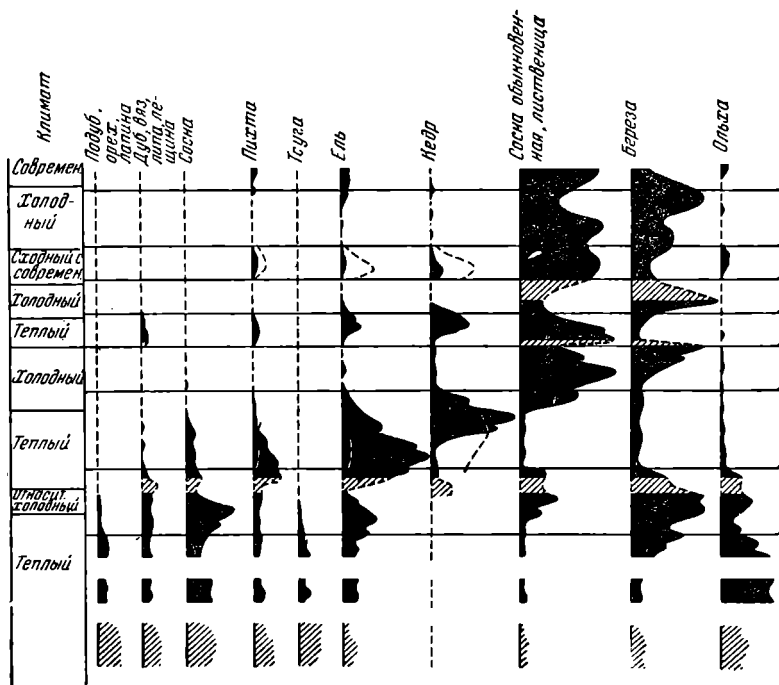


Рис. 7. Схематизированная пыльцевая диаграмма для четвертичных отложений Приангарья (по М. П. Гричук)

ныне существующих континентов могли быть разделены морями и проливами. Таким образом, эволюция растительного мира протекала, как это остроумно подметил английский ученый А. Г. Сьюорд, как бы на сцене с постоянно меняющимися декорациями. Это обстоятельство всегда нужно учитывать при восстановлении ландшафтов, климатов и растительного покрова в прошлых периодах.

Именно пыльца и поры, во все века в массе производимые растениями и сохраняющиеся в любых типах осадков, помогают нам уловить эти «смены декораций»: неоднократные изменения лика Земли и растительных сообществ в связи с общими изменениями геологической и физико-географической обстановки.

Применяя сравнительный метод для расшифровки данных спорово-пыльцевого анализа, не следует, однако, им

увлекаться. Метод актуализма<sup>1</sup> в некоторых случаях может быть опасен. Чем дальше мы спускаемся по лестнице времени вниз, тем менее и менее непохожими на современные становятся конфигурация материков и климаты, животный и растительный мир. Да и масштабы времени, с которыми нам приходится иметь дело, различны. Вспомним замечательное высказывание академика А. Е. Ферсмана о соотношениях во времени различных этапов геологической истории: «Если мы примем условно продолжительность истории Земли от начала археозоя до наших дней в 24 часа и уменьшим соответственно продолжительность всех эр, вычисленную по радиоактивному методу, то на наших часах докембрий будет длиться 17 часов, палеозой — 4 часа, мезозой — 2 часа, кайнозой — 1 час. Человек появляется на арене жизни за 5 минут до полуночи»<sup>2</sup>.

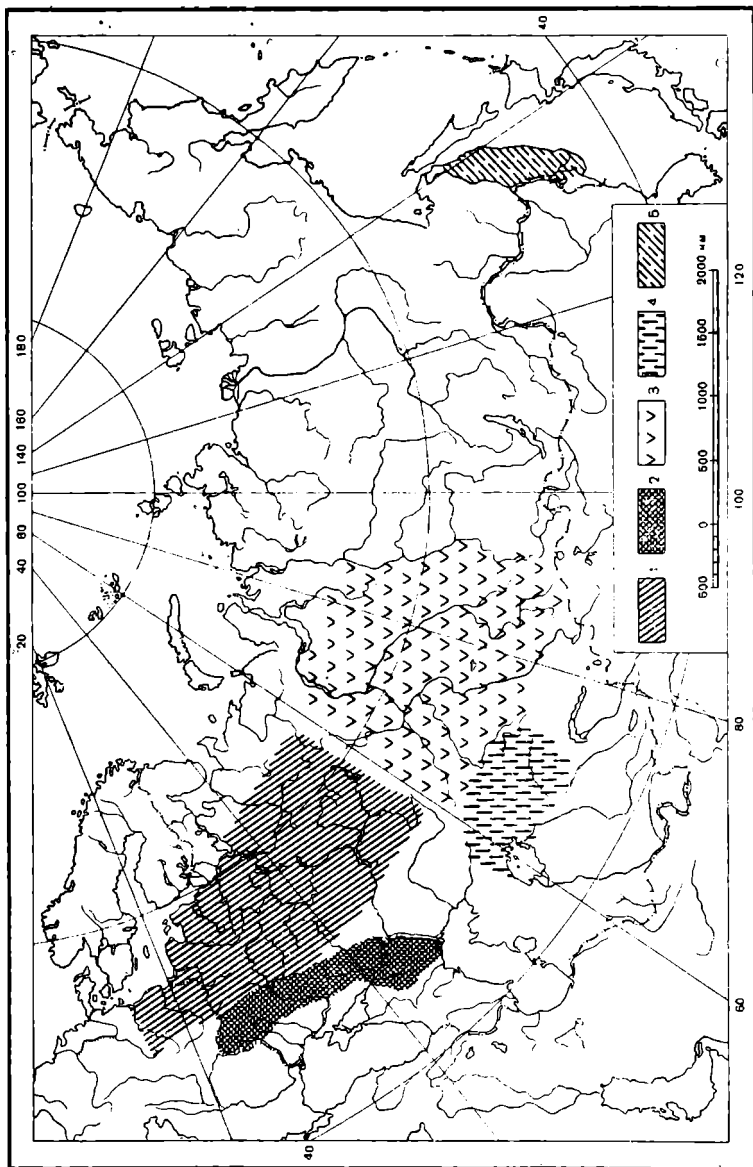
Естественно, что при оценке данных спорово-пыльцевого анализа, полученных при изучении отложений древних эпох, мы и мыслить должны значительно более крупными масштабами, чем это делается для четвертичного времени, а тем более для голоцена<sup>3</sup>. Поэтому и графическое изображение данных спорово-пыльцевого анализа отложений древних эпох, в особенности палеозоя и мезозоя, выглядит по-иному, чем диаграмма для четвертичных и голоценовых отложений. При определении ископаемых пыльцы и спор уже трудно бывает определить по составу комплексов тип растительного покрова, так как не всегда можно определить принадлежность того или иного вида пыльцы или спор к древесным или травянистым растениям.

Читая результаты спорово-пыльцевого анализа, например, нижнетретичных (палеогеновых) и более древних отложений, мы раскрываем историю изменения целых

<sup>1</sup> Актуализм — одна из форм исторического метода в геологии, который исходит из принципа: «Настоящее есть ключ к пониманию прошедшего», т. е. изучение физических, химических и геологических процессов, происходящих в настоящее время на земном шаре, принимается как исходный пункт для суждения о процессах и физико-географических условиях минувших геологических периодов. В советской геологии принцип актуализма приобретает качественно новую форму, опирающуюся на глубокий исторический метод диалектического материализма.

<sup>2</sup> А. Е. Ферсман. Занимательная геохимия. М., 1948, стр. 35.

<sup>3</sup> Голоцен — верхний отдел четвертичной системы, охватывающий отложения после вюрмского оледенения; соответствует современному отделу четвертичной системы.



флор, обнаруживаем выпадение древних или появление совершенно новых растительных родов, видов или отмечаем особенно широкое развитие какой-нибудь группы родов. Все это изображается в виде схем.

На основе многочисленных данных спорово-пыльцевых анализов определенного периода иногда даже удается составить карты распространения растительности на большой территории. Так, имеющиеся данные позволили И. М. Покровской создать картографические схемы распределения растительности в третичном периоде (рис. 8).

Метод спорово-пыльцевого анализа совершенствовался и развивался параллельно с разработкой стратиграфии; этому содействовали также разнообразные исследования, связанные с прикладной геологией и палеогеографией.

Постепенно задачи, возлагаемые на этот метод, усложнялись, так как усиливалась детальность исследований.

История развития растительного мира Земли, талантливо нарисованная в общих чертах крупнейшим палеоботаником нашего времени А. Н. Криштофовичем, показывает нам, насколько сложно и разнообразно происходило становление растительного покрова на различных континентах древнего лика Земли, как отличались флоры различных материков и ботанико-географических областей земного шара. Он сделал это в основном на данных по макроскопическим остаткам флоры. С помощью пыльцевого анализа внесено много дополнений в познание ископаемых материалов, расширяющих наши представления о растительном мире прошлого, а также заполнены те «пробелы в летописи» истории флоры, которые были неизбежны, так как макроскопические остатки встречаются значительно реже и приурочены лишь к континентальным отложениям. Да и количество представленных ими видов ограничено. Например, еще 20 лет тому назад возраст отложений на Шницбергене, в которых были найдены отпечатки широколиственных растений (липы, ольхи, ильма и др.),

Рис. 8. Схема распределения растительности на территории СССР в олигоценовое время (по И. М. Покровской)

Европейская провинция: 1 — широколиственно-таксодиевые леса (северная подпровинция); 2 — хвойно-широколиственные леса со значительным участием вечнозеленых субтропических и тропических пород (южная подпровинция); 3 — Урало-Западносибирская провинция — широколиственные леса с участием таксодиевых; 4 — Казахская провинция — широколиственные леса с участием вечнозеленых субтропических пород; 5 — Дальневосточная провинция — широколиственные леса разнообразного состава

по аналогии с такими же отпечатками флоры из миоценовых<sup>1</sup> отложений Швейцарии относили также к миоцену. А после того как известный скандинавский палинолог С. Манум в 1962 г. произвел детальный спорово-пыльцевой анализ тех же самых пород, в которых были найдены эти отпечатки, обнаружил, кроме пыльцы перечисленных пород, еще массу пыльцы других растений, принадлежавших уже давно вымершим видам, появилась возможность переопределить возраст вмещающих пород, признав его гораздо более древним, а именно, палеоценовым<sup>2</sup>. При этом ученый имел уже возможность провести сравнение между одновозрастными флорами Шпицбергена, Аляски, Гренландии, восточных окраин Сибири, Исландии и других континентов и отметить их сходство и отличие.

Сейчас для пыльцевого анализа уже нет «белых пятен». Споры и пыльца (или только споры) известны из самых молодых и самых древних геологических эпох.

Обратимся к геохронологической таблице и проследим по ней, как развивался растительный мир Земли (на рис. 9 изображена схема В. В. Друшица).

До сравнительно недавнего времени полагали, что наземная растительность появилась довольно поздно, а в протерозое и кембрии растительный мир был представлен исключительно водорослями. Возражая против распространенного в то время мнения, академик Л. С. Берг в 1947 г. писал, что «едва ли имеются основания признать кембрийские материки совершенно безжизненными». И действительно, в 1949 г. С. Н. Наумова сообщила о нахождении в отложениях силура и нижнего кембрия Прибалтики многочисленных и разнообразных (более 100 видов) спор наземных растений. Это была первая находка следов наземной растительности в отложениях этого возраста.

В 1951 г. С. Н. Наумовой, а в 1955 г. — Б. В. Тимофеевым были обнаружены споры в еще более древних отложениях (в докембрии) (рис. 10). Это выдающееся открытие имело большое теоретическое и практическое значение. Оно внесло серьезные поправки в существовавшие прежде представления и отодвинуло время появления наземной растительности на значительно более ранний период.

<sup>1</sup> Миоцен — верхний отдел третичной системы; флора уже близка к современной.

<sup>2</sup> Палеоцен — самый нижний отдел третичной системы.

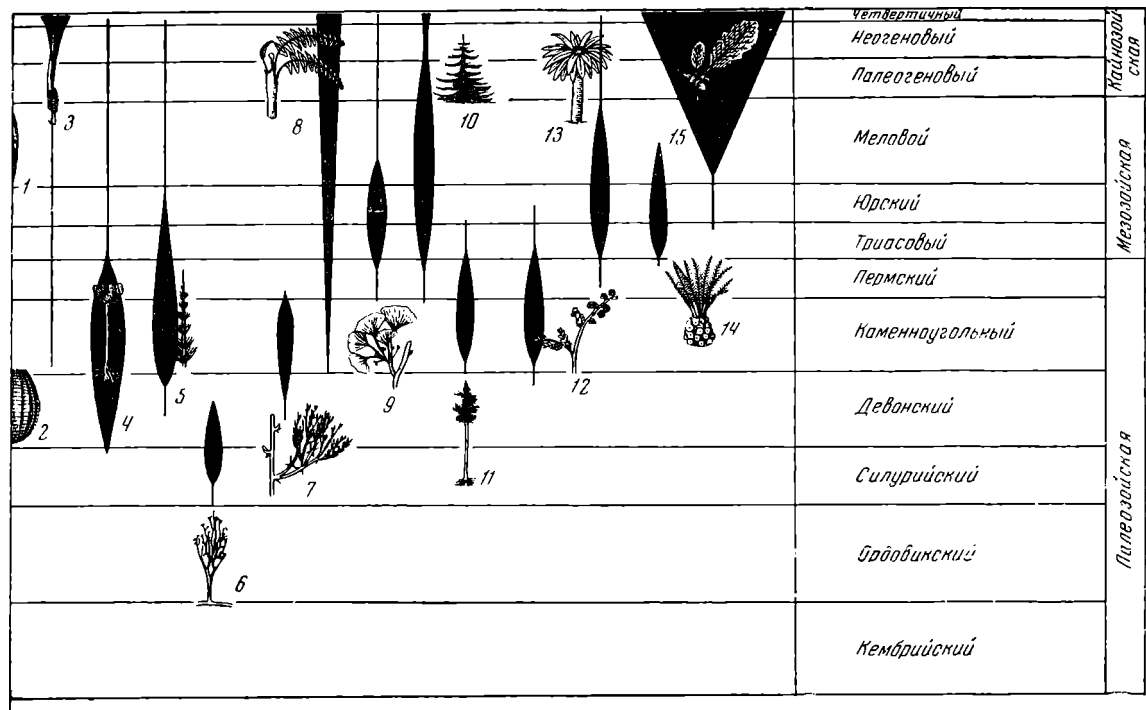


Рис. 9. Схема распространения основных групп растений в различные геологические периоды  
 1 — диатомовые, 2—харовые, 3—моховидные (кукушкин лен), 4—плауновидные (сигиллярия), 5—членистостебельные (наламит), 6—псилофитовые (псилофитон), 7 — 8 — папоротники, 9 — 14 — голосемянные, 15 — покрытосемянные

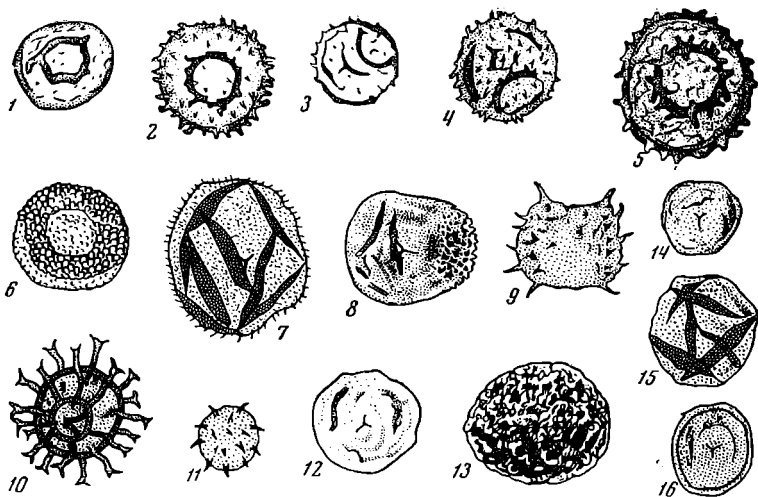


Рис. 10. Споры наземных растений

1 — 6 — силур, 7 — 11 — кембрий, 12 — 16 — протерозой

С другой стороны, благодаря этому открытию, спорый анализ начал играть в расчленении докембрия большую роль, так как другие биостратиграфические методы не давали положительных результатов.

Постепенно, шаг за шагом, составляется схема вертикального изменения (во времени) состава спор и пыльцы в различные геологические эпохи. Для многих из них найдены свои группы руководящих видов, родов и целых комплексов. Найдены коренные различия в составе ископаемых флор различных континентов прошлого, а также установлено, что крупные и значительные перемены в флористическом составе растительного мира часто происходили одновременно на обширных территориях. Переломы эти можно уловить для разных районов по смене различных видов, родов ископаемых растительных остатков, в частности и пыльцы. Причем морфологическое строение как спор, так и пыльцы значительно усложняется, что хорошо видно на рис. 11.

На основе многочисленных данных анализа спор и пыльцы, а также отпечатков растительных остатков, удастся даже восстановить ландшафты некоторых периодов.

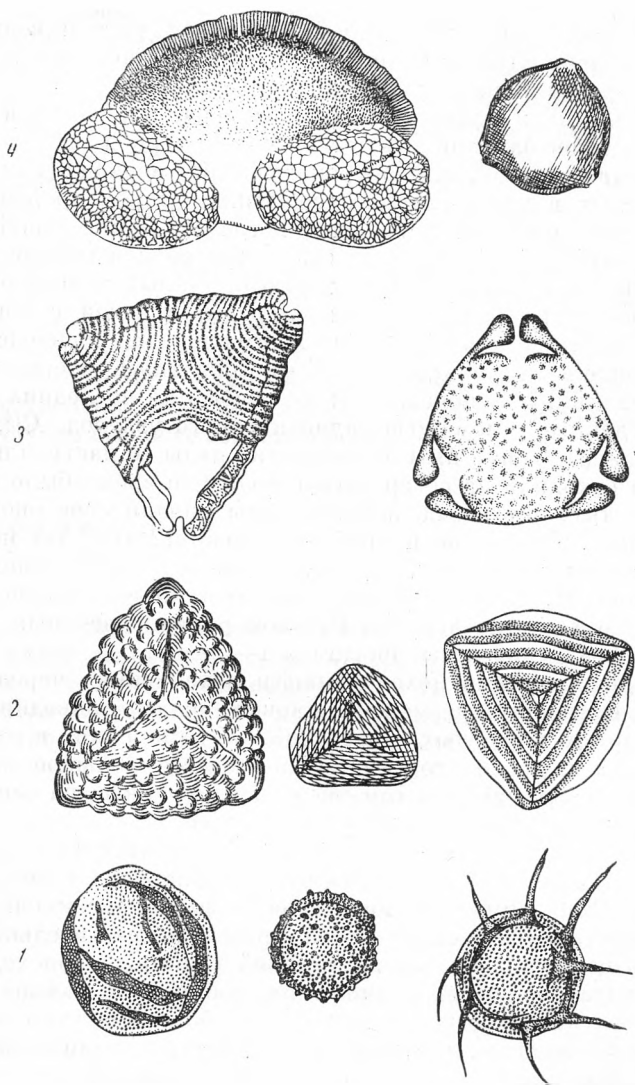


Рис. 11. Эволюция морфологических признаков спор и пыльцы

1 — споры самых древних наземных растений; 2 — споры древних папоротников; 3 — пыльца древних покрытосемянных растений; 4 — пыльца современных растений



Если растительность девопского периода представлена растительностью низкорослой и большей частью водной, то в каменноугольной эпохе преобладали довольно крупные деревья и древовидные папоротники.

Продолжая путешествие через вска, перенесемся теперь в более близкий нам четвертичный период.

Четвертичный, или антропогенный, период (как его называют в честь главного события, которое произошло примерно миллион лет назад, когда на Земле появился человек) — самый короткий из всех периодов геохронологической шкалы. И несмотря на это, данный период ознаменовался резким изменением среды, в связи с общим похолоданием и увеличением климатических контрастов. Северное полушарие пережило многократные материковые оледенения. Как показывают исследования последних лет, проведенные с помощью радиоактивного углерода  $C^{14}$ , через каждые три — пять тысячелетий льды то наступали, то снова отходили на север. Самое холодное время было около 20 тыс. лет назад, а затем льды начали свое окончательное отступление и приблизительно 12 тыс. лет назад они почти освободили наш континент от своего мощного покрова. Насколько мощным был этот покров, можно судить по толщине льда на Русской равнине, которая, как показывают подсчеты, достигала 4—5 км.

Периодические похолодания и потепления (чередование ледниковых и межледниковых эпох) приводили к миграциям животных и растений. Об изменениях в растительном покрове этого времени имеется большое число специальных работ, в том числе и написанных на основании данных спорово-пыльцевого анализа.

По схеме, предложенной В. П. Гричуком в 1955 г., отмечается, что в течение четвертичного периода в северной части Прикаспийской низменности дважды расселялась распространявшаяся с севера древесная растительность, что в центральных частях Русской равнины происходило многократное чередование теплолюбивой и холодостойкой растительности, причем флоры более теплолюбивые, чем современные, появлялись на этой территории не менее двух раз.

Наиболее полно исследован самый последний период четвертичного времени — голоцен. Большой интерес к нему объясняется тем, что без знания процессов, протекающих в этом отрезке геологической истории, не может быть по-

нято становление современных природных условий. Многочисленные данные по составу растительности этого периода в разных районах (полученные на основе спорово-пыльцевых анализов), позволили М. И. Нейштадту составить в 1955 г. подробные палеогеографические карты древнего, раннего, среднего и позднего голоцена для всей территории СССР.

Карты показали, что за этот сравнительно короткий период границы природных зон значительно изменялись: в раннем голоцене граница тундры была значительно сдвинута на север, а темнохвойная тайга заходила на левобережье Волги и далее к Балтийско-Черноморскому водоразделу. В середине голоцена на Кольском полуострове тундра и лесотундра отступили на самый север, а область распространения широколиственных пород проходила тогда на 300 км севернее современной.

## **Полезная помощница**

Спорово-пыльцевой анализ возник и развивался как отрасль палеоботаники и вскоре превратился в один из основных методов палеоботанических исследований. А. Н. Криштофович писал по этому поводу: «Тот примитивный подход в обработке палеоботанических данных — «молоток и лупа», который существовал ранее, уже недостаточен, и на помощь приходит новая методика, при которой часто толщи, казавшиеся «немыми», дают богатейшие данные для познания растений прошлого»<sup>1</sup>.

Палинология, едва появившись на свет, сделалась совершенно необходимым методом исследования в различных областях знаний, которые ждут от нее ответов на разнообразные, порой даже неожиданные вопросы. В некоторые научные дисциплины палинологические методы исследования вошли настолько прочно, что без них был бы бессмыслен их прогресс в последние десятилетия.

О роли этого метода в изучении стратиграфии и истории растительности прошлых эпох говорилось в преды-

---

<sup>1</sup> А. Н. Криштофович. История палеоботаники в СССР. М., 1956, стр. 50.

дущей главе. В этой главе мы обратим внимание читателя на значение спорово-пыльцевого анализа в решении наиболее сложной палеоботанической задачи — изучении эволюции растительных организмов. В этом вопросе основное значение приобретают морфологические исследования как ископаемых остатков пыльцы и спор, так пыльцы и спор современных растений.

Изучение морфологии пыльцы было начато в конце прошлого века работами Ю. Фрицше и Д. С. Михайлова. Но только в последующих работах С. М. Розанова, А. А. Кузнецова, Б. М. Козо-Полянского и других ученых мы находим данные по применению изучения морфологии пыльцы для целей филогении<sup>1</sup> и систематики растений. А. А. Кузнецов на основании изучения пыльцы свыше 500 видов растений, принадлежащих к 93 семействам, пришел к выводу, что одновременно с усложнением различных органов растений (стеблей, листьев, цветка и т. д.) идет процесс усложнения споровых и пыльцевых зерен.

Исследования Н. А. Болховитиной показали, что эволюция пыльцы хвойных происходит, например, в направлении усовершенствования летательных приспособлений. Из пыльцевого зерна примитивного типа, не имеющего воздушных мешков, развились более современные типы с обособленными воздушными мешками. Эволюция пыльцы хвойных шла, оказывается, различными путями. Н. А. Болховитина выделила восемь рядов развития, в пределах которых, в свою очередь, различаются 29 типов пыльцы.

В связи с выяснением происхождения и эволюции покрытосемянных растений большой интерес представляют работы А. Л. Тахтаджяна, Г. Пфлуга, Л. А. Куприяновой, Е. Д. Заклинской.

Л. А. Куприянова сделала в 1954 г. интересные выводы по филогении однодольных растений на основе изучения морфологии пыльцы 44 семейств этого класса. Ею выявлено три направления в развитии однодольных растений. Первое направление идет от лилейных и представлено энтомофильными<sup>2</sup> видами; в них преобладает бороздная пыльца крупных размеров с богатой орнаментацией. Второе начинается от пальм и включает в себя анемофиль-

<sup>1</sup> Филогения — историческое развитие органического мира, его отдельных групп, а также тех или иных органов.

<sup>2</sup> Энтомофильные растения — насекомоопыляемые, у этих растений пыльцу переносят с цветка на цветок насекомые.

ные<sup>1</sup> растения. Соответственно этому во второй группе развились мелкие пыльцевые зерна с мало заметной орнаментацией, имеющие чаще всего только одну пору. Третье примыкает к двудольным и идет по линии приспособления к водным условиям жизни. Пыльца в этом случае имеет тонкую экзину, входные отверстия отсутствуют. На основе этих данных Л. А. Куприянова делает вывод, что пальмы и лилейные являются наиболее древними семействами класса однодольных.

В последние годы пыльцевой анализ приподнял завесу над одной из давних загадок происхождения культурных растений. Известно, что до сих пор не найдены дикие предки современной кукурузы. Однако совсем недавно, в 1957 г., в Мексике в пластах на глубине 60—80 м была обнаружена пыльца кукурузы. Возраст этих отложений не менее 60 тыс. лет. Эта находка дает основание считать родины «королевы полей» Мексикой.

Большую пользу спорово-пыльцевые исследования оказывают лесной типологии, особенно в разработке естественных классификаций типов леса, учитывающих генезис растительных сообществ. Еще в 1891 г. С. И. Коржинский писал: «...современное состояние растительности какой-либо страны есть лишь одна из стадий непрерывных изменений ее растительного покрова, результат минувших условий, зачаток будущих»<sup>2</sup>. Такой подход к решению вопросов лесной типологии целиком соответствует идеям советской геоботанической науки, которая не признает никаких заключительных устойчивых ассоциаций или формаций, в противоположность взглядам ученых американской школы, возглавляемой Ф. Клементсом.

При изучении смен растительного покрова лесоводы сталкиваются с процессами различного масштаба. С одной стороны, это смены, которые происходят на наших глазах после вырубок, пожаров и т. п. Они изучены довольно хорошо. Значительно хуже исследованы процессы медленного преобразования растительного покрова: вековые смены (по Е. М. Лавренко), или филоценогенез (по В. Н. Сукачеву). Здесь палинологический метод может оказаться весьма эффективным. «Понятно, с каким глубоким интересом,— писал С. И. Коржинский,— собираются

<sup>1</sup> Анемофильные растения — ветроопыляемые, т. е. опыление у них происходит при помощи ветра.

<sup>2</sup> «Вопросы советской науки». Изд-во АН СССР, 1955, стр. 30.

все факты относительно доисторических условий растительности, так как в них именно ученые должны искать ключ к пониманию современных явлений растительного мира»<sup>1</sup>. Однако до сих пор еще большую сложность для палинологов представляет переход от изучения истории флор к изучению растительных сообществ.

Огромно значение спорово-пыльцевого анализа и сравнительной морфологии для развития геологических наук, особенно для стратиграфии. Мы уже упоминали, что до появления этого метода терригенные (континентальные) отложения часто не поддавались стратиграфическому расчленению. Не представлялось возможным также установить синхронность морских и континентальных фаций<sup>2</sup>. Благодаря находкам пыльцы в морских отложениях эта задача теперь полностью разрешена.

Широко применяется спорово-пыльцевой анализ в геологии полезных ископаемых. Изучение углей, начало которому положили в прошлом веке работы П. Рейнша и Шульце, в последние десятилетия получили большое развитие в Советском Союзе. В результате к настоящему времени сформировалось особое направление — микроскопическое изучение ископаемых углей (антропография). Исследование спорово-пыльцевых комплексов угленосных отложений помогает лучше выявлять возраст, геологическое строение месторождения, определять его запасы. Установлено, например, что крупнейшие каменноугольные бассейны — Донецкий, Подмосковский, Карагандинский в СССР, Вестфальский и Силезский в странах Западной Европы — образовались в каменноугольную эпоху, а такие бассейны, как Тунгусский, Кузнецкий, Печорский — в пермский период. Подсчитаны и примерные запасы угля в этих бассейнах. Можно определить возраст и запасы не только каменного угля, но и других полезных ископаемых. Совсем недавно при разведке железных руд в Соколовско-Сарбайско-Аятском районе на помощь геологам, геофизикам, буровикам и геохимикам пришли палеонтология и спорово-пыльцевой анализ, которые помогли открыть здесь около десяти миллиардов тонн железных руд. Геологи-нефтяники используют спорово-пыльцевой анализ при

<sup>1</sup> «Вопросы советской науки», стр. 30.

<sup>2</sup> Фа́ция (facies — облик) — термин, предложенный Греем в 1838 г. для обозначения разновидностей осадочных пород, отличающихся литологическими и палеонтологическими особенностями.

изучении генезиса нефти и путей ее миграций (перемещений) из одной зоны в другую.

В годы Великой Отечественной войны значение спорово-пыльцевого анализа особенно возросло в связи с изучением геологии россыпных месторождений.

Благодаря большому размаху строительства в нашей стране в последние годы возникает необходимость в более детальном геологическом обосновании гидротехнических и других проектов.

На помощь инженерной геологии приходит спорово-пыльцевой анализ. Ведь большинство грунтов, с которыми имеют дело строители, представляет собой отложения четвертичного периода. В одних случаях они являются основанием для фундаментов, в других — непосредственно используются в качестве строительных материалов (намывные плотины и т. п.). Поэтому ни одно крупное сооружение (строительство гидростанций, каналов) не обходится без услуг спорово-пыльцевых лабораторий.

Исследователи-пыльцевики, изучавшие четвертичные отложения в районе Туркменского канала, обнаружили в молодых отложениях пустынного края пыльцу ореха, орешника, ольхи и других деревьев. Значит, эти деревья совсем недавно здесь росли и перестали существовать лишь с момента осушения русла Узоя. Эти данные подскажут агрономам и лесоведам, что в насаждения, которые запроектированы вдоль канала, можно включить и некоторые из названных видов растений.

Таким образом, ископаемая пыльца — мельчайший свидетель отдаленных геологических эпох — может оказать помощь разведчикам недр, строителям, агрономам и лесоведам.

Исключительно велика роль пыльцевого анализа в изучении торфяных месторождений. С его помощью решаются вопросы генезиса, возраста торфяников. По пыльцевым диаграммам разрезов, заложенных в различных болотах, исследователи определяют изменения в составе растительности и на основе этого проводят синхронизацию (сопоставление) отложений разных болот и устанавливают ряд фаз в смене растительности и климата. Эти данные позволяют судить об относительном возрасте тех или иных торфяников. Перейти от этих данных к определению абсолютного возраста каждого горизонта можно в том случае, если представится возможность при помощи

археологических находок или радиоактивного метода определить время образования хотя бы одного горизонта.

В. С. Доктуровский приводил в пример следующее определение. В Германии, близ Гамбурга, в торфянике Виттмоор на глубине от 1 до 1,8 м была обнаружена дорога в виде настила из бревен, на ней были найдены монеты времен Римской империи. За истекший период (около 2000 лет) прирост торфа за год составлял 0,05—0,1 см. В то же время пыльцевой анализ дает основание утверждать, что время строительства дороги соответствовало так называемой суббореальной фазе<sup>1</sup>. Это позволило с большей точностью определить абсолютный возраст для каждой фазы за время нарастания торфяника, а затем и возраст многих торфяников прилегающего района.

Приведем примеры из более поздних исследований. На озере Лача, в бассейне р. Онеги, известна стоянка Веретье, находящаяся в полукилometре от устья р. Кинешмы. Археологи установили, что она относится к началу II тысячелетия до н. э. (т. е. к суббореальной фазе). Пыльцевой анализ торфа, в котором были заключены остатки этой древней стоянки, показал, что здесь некогда росли сосна, ель и береза с примесью дуба и вяза; климат в это время был суше и теплее современного. В настоящее время в этих местах, расположенных севернее 61° с. ш., дуб не растет, он встречается южнее, примерно под 59° с. ш.

К суббореальной фазе относятся две неолитические стоянки, обнаруженные вблизи г. Кемь (1900—1600 гг. до н. э.). Возраст стоянки также подтверждается результатами спорово-пыльцевого анализа; в окружающих лесах преобладала сосна, в большом количестве были представлены ольха, орешник, дуб и вяз.

Спорово-пыльцевой анализ при археологических исследованиях не только позволяет уточнить время тех или иных поселений, но и дает возможность восстановить среду обитания наших далеких предков.

Немецкий ученый Г. Штрак в 1952 г. с помощью спорово-пыльцевого анализа установил начало возделывания злаков в Германии в области Вулканэйфель в эпоху неолита.

---

<sup>1</sup> Суббореальная фаза — теплая, относительно сухая климатическая фаза. Растительность этого периода характеризовалась распространением бука и граба на северо-западе Европы, максимальным распространением смешанных дубовых лесов, а также проникновением степей к северу.

та. Кроме того, на основе пыльцевых диаграмм он также констатировал низкий уровень земледелия, соответствовавший временам переселения народов и тридцатилетней войны.

Спорово-пыльцевой анализ пришел на помощь и исследователю тайн острова Пасхи, известному норвежскому ученому Туру Хейердалу. Исследование взятых им проб торфа из отложений болот показало, что на этом безлесном в настоящее время острове в далеком прошлом была более богатая растительность и существовали даже пальмовые рощи. Он уточнил также время появления на острове пресноводного камыша из Южной Америки. Все эти факты наряду с археологическими документами позволили Хейердалу всесторонне обосновать свою гипотезу о заселении островов Тихого океана.

Большие возможности спорово-пыльцевого анализа совместно с археологическим раскрываются в последние годы в связи с применением радиоактивного углерода  $C^{14}$ . Этот элемент образуется в земной атмосфере под действием нейтронов. Он входит в состав растительных и животных организмов, а также различных органических остатков (ископаемые раковины, торф, древесина и т. д.), которые могут быть использованы для определения и уточнения возраста соответствующих отложений. В 1956 г. в лаборатории Гронингского университета (Голландия) при анализе торфа с помощью радиоуглеродного и пыльцевого анализов в разрезе были выделены два пласта — более древний сфагновый торф и более молодой. Эти слои разделялись пограничным горизонтом, возраст которого был определен в 3500 лет. Радиоактивный метод позволил установить, что верхний слой торфа начал отлагаться в субатлантический период<sup>1</sup>; это соответствует максимуму бука на пыльцевой диаграмме, т. е. имеет возраст около 2500 лет.

Как мы видим, все описанные факты представляют наглядный пример взаимопроникновения и взаимопомощи ряда наук: палеоботаники, болотоведения, археологии, палеоклиматологии и др.

<sup>1</sup> Субатлантическая фаза — следующая за суббореальной влажной и прохладной климатической фазой современной эпохи, продолжающаяся до нашего времени. Она характеризуется отсутствием леса на севере и степей на юге, более широким распространением сосны и ели и сокращением распространения бука и дуба.



Взаимопомощь пыльцевого анализа и почвоведения можно видеть на примере исследования природы Большеземельской тундры, проведенной Р. В. Федоровой. Природа этого района была не всегда такой, какой мы ее видим сейчас. Исследования почвы показали, что в ней распространены мощные подзолы — почвы, развивающиеся под лесом. В современных же условиях подзолистые лесные почвы в тундре не образуются, они здесь, следовательно, являются реликтовыми почвами. Судя по их распространению, сплошные леса в Большеземельской тундре в прошлом заходили на север почти до океана. Пыльцевой анализ показал также, что в самой северной части лесной зоны была распространена еловая тайга.

Немаловажную помощь палинология оказывает медицине. Работы английского палинолога Х. Хайда показали, что сенную лихорадку<sup>1</sup> в Европе вызывает пыльца злаков и некоторых древесных пород, а также пыльца отдельных видов сорняков. В США в этом отношении основную роль играют амброзия и некоторые степные растения. В Австрии и Новой Зеландии паллинозы вызываются пыльцой ряда растений европейского происхождения.

Особой ветвью спорово-пыльцевого анализа является мелиссо-палинология, т. е. пыльцевой анализ меда. Определив, к каким видам растений относится пыльца, содержащаяся в меде, можно точно установить растения, с которых пчелы собирали нектар, а следовательно, и его ценность. Кроме того, можно выяснить географический район сбора меда. В 1925 г. опубликована работа В. Н. Андреева — первый в мире определитель пыльцы для ее распознавания в меде, включавший 160 видов медоносных растений.

Можно надеяться, что дальнейшее развитие палинологии и смежных дисциплин вскроет неизвестные пока возможности применения спорово-пыльцевого анализа для решения новых проблем. Параллельно со спорово-пыльцевым анализом и палиноморфологией развивается ряд новых методов палеоботаники, которые можно назвать микропалеоботаническими, — палеомикология (изучение спор грибов), диатомовый анализ (микроскопическое изучение

---

<sup>1</sup> Сенная лихорадка (паллиноз) — заболевание, возникающее у лиц с повышенной чувствительностью к некоторым видам цветочной пыльцы. При попадании пыльцы на слизистую оболочку носа, гортани, бронхов, возникает лихорадочное состояние, слезотечение, кашель и даже приступы удушья.

диатомовых водорослей), ксилитомический анализ (микроскопическое изучение остатков древесины), анализ остатков микроскопических водорослей и др. Таким образом, сформировалось целое «семейство» микропалеоботанических приемов исследования, в котором спорово-пыльцевой анализ занимает ведущее место.

## **Взгляд в будущее**

Мы уже знаем, каким образом микроскоп в руках палинолога превращается в «машину времени», помогающую постигать прошедшее. Однако мы помним, что изобретение героя Уэллса обладало способностью переносить его не только в прошлое, но и в будущее. Ведь без этого власть человека над временем была бы неполной. Сейчас мы расскажем о том, как с помощью изучения пыльцы и спор удастся предвидеть грядущие изменения в растительности и климате, как, следовательно, с помощью микроскопа можно разглядеть будущее.

Карл Маркс писал: «Мы знаем только одну единственную науку, науку истории. Историю можно рассматривать с двух сторон, ее можно разделить на историю природы и историю людей. Однако обе эти стороны неразрывно связаны; до тех пор, пока существуют люди, история природы и история людей взаимно обуславливают друг друга»<sup>1</sup>. Это высказывание великого ученого опровергает мнение Канта о том, что «мы в состоянии иметь только описание природы, но не историю природы». Слова Маркса следует понимать в том смысле, что подлинное научное знание о каком-либо предмете, явлении или процессе рождается лишь тогда, когда познается его история, т. е. устанавливаются причинно-следственные связи, определяющие его сущность. Их выяснение дает возможность перейти к научному предвидению, прогнозу будущих изменений. Достижения спорово-пыльцевого анализа как одной из наиболее быстро развивающихся отраслей палеоботаники и широкое применение ее данных в ряде отраслей знания на каждом шагу подтверждают справедливость высказанных выше положений.

<sup>1</sup> К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения, т. 3, 1955, стр. 16.

Выявив при помощи спорово-пыльцевого анализа закономерности изменения растительности и климата в прошлом, мы получаем представление о наиболее вероятном направлении этих процессов в будущем. Правда, здесь таится еще много неразгаданного, поэтому по ряду важных вопросов ученые до сих пор не пришли к единому мнению. В среде палеоклиматологов иногда возникают споры о том, возможно ли в ближайшую к нам геологическую эпоху повторение материкового оледенения Европы и Азии. Английский исследователь Чарльз Брукс считает такую опасность реальной.

Однако большинство ученых возражают ему, ссылаясь на потепление климата, вызванное увеличением процентного содержания углекислого газа в атмосфере, и на другие причины.

Понятно, что более углубленное изучение смен растительности в различных зонах земного шара методом спорово-пыльцевого анализа даст материал, который в сопоставлении с исследованиями климатологов, гляциологов и других специалистов позволит более обоснованно и определенно ответить на этот вопрос.

Другой пример касается взаимоотношений леса и степи. Для того чтобы правильно планировать использование земельных богатств и растительных ресурсов и решать такие вопросы, как создание защитных лесных насаждений в степи, необходимо знать, в каком направлении идет развитие растительного покрова: будут ли степи на месте нынешних лесов или наоборот.

Начиная с конца XIX в. к этой проблеме было привлечено внимание большого круга исследователей: почвоведов, геоботаников, лесоводов, географов. Знаток растительности северного полушария, русский ботанико-географ А. Н. Краснов в 1894 г. предположил, что причиной безлесья степей является равнинность занимаемых ими территорий. Следствием этого было представление об извечном безлесии степных площадей.

Несколько ранее А. Н. Краснова ботаник С. И. Коржинский высказал мнение, что лес наступает на степь. Много внимания этим вопросам уделяли П. А. Костычев, Г. И. Танфильев, Л. С. Берг и другие ученые. Позже, с возникновением учения В. Р. Вильямса о едином почвообразовательном процессе, проблема борьбы леса и степи стала рассматриваться в новом аспекте.

Напомним, что схема В. Р. Вильямса строилась на предположении о надвигании леса на тундру, степи на лес и пустынь на степи. Исходя из этой концепции, ученый решал вопросы генезиса почв, их классификации и рассматривал пути повышения их плодородия. Вильямс определенно недооценил значение общеклиматических факторов, считая, что климат данного района является функцией господствующей в нем растительной формации.

Причина многих противоречий и ошибочных мнений заключалась в недостаточности знаний истории растительного покрова. Ведь в период, когда формировались взгляды В. Р. Вильямса и тем более А. Н. Краснова, палеоботаника была развита еще недостаточно, а палинология делала только первые шаги. Если бы А. Н. Краснов или В. Р. Вильямс получили в свое распоряжение детальные спорово-пыльцевые диаграммы четвертичных отложений изучаемой территории, они обнаружили бы, что в истории этих районов были периоды, когда лес надвигался на степь и наоборот.

Поэтому теория единого почвообразовательного процесса и вытекающие из нее прогнозы об изменении наших почв в будущем нуждаются в серьезных поправках.

По данным палинологии, в течение последних двух тысячелетий идет так называемое субатлантическое время, которое характеризуется некоторым наступлением леса на степь.

Попутно заметим, что изучение истории растительности средней Сибири также показало, что в течение четвертичного времени наблюдались климатические фазы, в которые арктическая флора перемещалась далеко к югу, почти до р. Ангары. В другие же фазы, наоборот, степи с юга продвигались на север, вплоть до широты р. Подкаменной Тунгуски.

С вопросом о взаимоотношении леса и степи тесно связана гипотеза прогрессивного иссушения земли в современную эпоху. Она была высказана впервые Иммануилом Кантом еще в XVIII в. и привлекла к себе серьезное внимание ученых в конце прошлого века в связи с катастрофической засухой 1891 г. Ответом на эту гипотезу явились знаменитые работы А. А. Измаильского «Как высохла наша степь» и В. В. Докучаева «Наши степи прежде и теперь». Если бы в то время Измаильский и До-

кучасв имели данные спорово-пыльцевых анализов, они смогли бы с еще большей убедительностью обосновать положение о том, что основная причина усиления губительного действия засух заключалась не в неизбежных климатических изменениях, а почти целиком была связана с существующими приемами земледелия.

Анализируя литературу по данному вопросу в отношении Западной Сибири, проф. К. К. Марков ссылается на спорово-пыльцевые диаграммы, составленные С. В. Кац и Н. Я. Кац в 1949 г. Эти ученые полагают, что в историческую эпоху (в течение последних 5—8 тыс. лет) природный процесс идет в направлении увеличения влагообеспеченности и, соответственно этому, в направлении наступления леса на степь. С этим выводом согласуются результаты изучения сапропелевых отложений диатомовым методом, проведенного Жузе в 1952 г. и другими учеными. Эти данные свидетельствуют о постепенном опреснении соленых озер в этой зоне за рассматриваемый период. Вместе с тем в диаграммах (данные С. В. Кац и Н. Я. Кац) в верхних отрезках наблюдается небольшое вторичное увеличение процента недревесной пыльцы. К. К. Марков рассматривает это целиком как результат развития земледельческой культуры. На этом примере видно, каким образом спорово-пыльцевой анализ в комплексе с другими науками открывает двери к познанию будущего.

Противниками теории иссушения были русские географы Л. С. Берг и А. И. Воейков. Еще 40 лет назад А. И. Воейков писал об отрицательном влиянии на практику теории иссушения, которая порождала пессимизм среди инженеров-ирригаторов, разрабатывавших проекты орошения пустынь Средней Азии. Некоторые считали, что если прогрессивное иссушение этих районов неизбежно, то бороться с ним бессмысленно и невозможно.

Здесь опять-таки результаты спорово-пыльцевого анализа могли бы дать исчерпывающий ответ. К сожалению, для условий пустынных районов имеется еще очень мало данных такого рода, поскольку в этих условиях пыльца и споры сохраняются гораздо хуже, чем во влажном климате. Однако в ближайшем будущем применение более совершенной методики позволит и здесь прочитать многие, пока еще «немые» страницы истории растительного мира.

Другой пример практического значения изучения колебаний климата. Освоение Северного морского пути в последние полвека происходило в условиях усиливающегося потепления Арктики.

В настоящее время некоторые ученые высказывают мнение, что во второй половине века процесс пойдет в обратном направлении, что безусловно сильно усложнит условия судоходства в северных морях. Если эта точка зрения верна, ее следует учесть при составлении перспективных планов освоения Севера. В решении этого вопроса палинология могла бы оказать существенную помощь, так как она позволяет лучше изучить закономерности колебаний климата.

Подводя итог, можно сказать, что одно из важных практических значений палинологии состоит в том, что полученные с ее помощью данные в комплексе с данными других наук помогают предвидеть, каких изменений в растительном покрове и климате можно ожидать в будущем, исходя из направления природных процессов.

Однако мы знаем, что в нашу эпоху человек приобретает все большую власть над природой, реализуются проекты, способствующие преобразованию климата обширных районов. Может быть это сделает ненужными наши попытки составлять прогнозы изменений климата и растительности на столетия вперед? Ведь уже сейчас можно вполне определенно утверждать, что через несколько веков люди переделают климат, и наши прогнозы заведомо не оправдаются.

Постараемся убедить вас, дорогие читатели, что эти исследования, существенную помощь которым оказывает палинология, не только не противоречат будущему науки и техники, но, напротив, помогают приблизить его. Во-первых, большинство проектов переделки климата родилось под непосредственным влиянием палеоботанических открытий, в том числе полученных с помощью спорово-пыльцевого анализа. Вспомните академика Щедрина, героя «Северной повести» К. Паустовского. Ученый создал теорию о возвращении в Северную Европу климата третичной эпохи.

«...Мы можем уничтожить гренландские льды,— говорил он.— Когда мы их уничтожим, в Европу вернется климат миоцена. Финский залив будет дымиться, как парное молоко. Здесь будут снимать по два урожая. Леса

магнолий расцветут на Аландских островах. Вы представляете, — белые почки в магнолиевых лесах...»

Ученый пришел к идее изменения климата под впечатлением находок ископаемых остатков магнолий в третичных отложениях вблизи Ленинграда.

А вот другой пример, уже не из литературы, а из жизни. Весь мир облетела весть о смелом замысле советского инженера П. М. Борисова, предложившего изменить климат северных широт при помощи плотины в Беринговом проливе. Это не единственный проект такого типа. Ученые считают возможным отеплить Охотское море и улучшить климат Дальнего Востока, построив дамбу с воротами в узком проливе Невельского. Эти ворота, открываясь только в одну сторону, должны будут играть роль клапана, пропускающего приливные течения только в одном направлении — с юга на север. Имеются также различные варианты проектов увлажнения засушливых пустынь Средней Азии.

На январском Пленуме ЦК КПСС 1961 г. было обращено внимание на проекты из серии строительства, существенно изменяющих климат. К ним относится и предложенный инженером Г. В. Дмитриевым проект переброски стока северных рек в Каспийское море. Значит, через одно-два десятилетия жизнь поставит на очередь выполнение более сложных замыслов.

С технической точки зрения проекты Борисова и Дмитриева вполне осуществимы сейчас или в ближайшем будущем. Однако приступать к строительству грандиозных сооружений нельзя до тех пор, пока не будут внимательно и детально изучены все возможные последствия претворения в жизнь таких проектов. Нужно знать точно, какие перемены произойдут в климате, гидрографии, растительном покрове и животном мире районов, которые окажутся в сфере влияния грандиозных сооружений. Ведь такие крупные вмешательства в природные процессы безусловно вызовут цепь значительных и важных последствий, которые могут проявляться там, где их никто не ожидает. Данные по изучению ископаемых остатков и здесь могут прийти на помощь. В прошлом мы можем найти необходимые аналогии, которые позволят нам полнее представить многосторонние результаты намечаемых преобразований.

Конечно, не все из того, о чем говорится в этой главе, достоверно. Кое-что — пока что предположения, близкие

к фантастике. Однако никакая научная отрасль не может жить без мечты, без взгляда в будущее. Только так она сможет представить свое место в науке завтрашнего дня и увидеть проблемы, решения которых потребуют события будущего.

Как мы убедились, спорово-пыльцевой анализ является областью науки, обслуживающей комплекс самых разнородных дисциплин. Многие из новых сторон ее применения еще не вскрыты. Поэтому в исследованиях специалистов смежных отраслей эти данные применяются еще недостаточно. Популярным изложением истории, методики и перспектив спорово-пыльцевого анализа мы стремились привлечь к ней внимание и способствовать тем самым еще более широкому внедрению ее методов в жизнь, в практику.

## **Рекомендуемая литература**

- Баранов В. И. Этапы развития флоры и растительности в третичном периоде на территории СССР. М., 1959.
- Болховитина Н. А. Пыльца хвойных из мезозойских отложений и ее значение для стратиграфии. Серия геол., № 5. Изд-во АН СССР, 1952.
- Гричук В. И. и Заclinская Е. Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор, его применение в палеогеографии. М., Географгиз, 1948.
- Докторовский В. С. Метод анализа пыльцы в торфе.— Изв. Научно-исслед. торф. ин-та, № 5, М., 1923.
- Заclinская Е. Д. Пыльца покрытосемянных растений и ее значение для обоснования стратиграфии верхнего мела и палеогена. Изд-во АН СССР, 1963.
- Козо-Полянский Б. М. Новые успехи поллиники и проблема эволюции высших растений.— Успехи современной биологии, т. XIX, вып. 2. М., 1945.
- Корнева Е. В. Изучение современных морских отложений методом спорово-пыльцевого анализа.— Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. 13. М., 1955.
- Криштофович А. Н. История палеоботаники в СССР. Изд-во АН СССР, 1956.
- Криштофович А. Н. Палеоботаника. Л., Гостопиздат, 1959.
- Куприянова Л. А. Палинологические данные о филогении класса однодольных растений.— Вопросы ботаники, т. 1. М.—Л., 1954.
- Любер А. А. Атлас спор и пыльцы палеозойских отложений Казахстана. Алма-Ата. Изд-во АН Казахск. ССР, 1955.



- Марков К. К. и Герасимов Н. П. Палеогеография ледникового периода и стратиграфия четвертичных отложений.— Изв. Гос. геогр. об-ва, вып. 4. М., 1939.
- Марков К. К. и др. Взаимоотношения леса и степи в историческом освещении. Вопросы географии, сб. 23. Изд-во АН СССР, 1950.
- Моноссон М. М. Морфологическое описание главнейших видов дуба, произрастающих на территории СССР.— Труды Ин-та географии, т. 61. М., 1954.
- Наумова С. Н. Споры и пыльца углей СССР.— Труды XVII сессии междунар. геолог. конгресса, т. I. М.—Л., 1939.
- Наумова С. Н. Споры нижнего кембрия.— Изв. АН СССР, серия геол., № 4. Изд-во АН СССР, 1949.
- Нейштадт М. И. Палинология в СССР (история и библиография). Изд-во АН СССР, 1960.
- Нейштадт М. И. История лесов и палеогеография СССР в голоцене. Изд-во АН СССР, 1957.
- Пыльцевой анализ. Под ред. И. М. Покровской. М., Гостеолиздат, 1950.
- Покровская И. М. Основные этапы в развитии растительности на территории СССР в третичное время.— Бот. ж., т. 39. Изд-во АН СССР, 1954.
- Сладков А. Н. Морфология пыльцы и спор современных растений в СССР. Изд. МГУ, 1962.
- Сьюорд А. Г. Века и растения. Л.—М., Изд. ОНТИ, 1936.
- Тахтаджян А. Л. Морфологическая эволюция покрытосемянных. М., МОИП, 1948.
- Тихомиров Б. А. и Куприянова Л. А. Исследование пыльцы из растительных остатков нищи березовского мамонта.— Докл. АН СССР, 1954, т. 95, № 6.
- Эрдтман Г. Морфология пыльцы и систематика растений, т. I. Покрытосемянные. Пер. с англ. ИЛ, 1956.

*Сания Амрулловна Сафарова*

### **С микроскопом в глубь тысячелетий**

*Утверждено к печати*

*Редколлекцией научно-популярной литературы Академии наук СССР*

*Редактор издательства В. Н. Вяземцева*

*Художник А. Г. Сорензон Технический редактор Л. И. Матюхина*

*Корректор Л. С. Агапова*

Сдано в набор 22/II 1964 г. Подписано к печати 23/IV 1964 г.

Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub> Печ. л. 1,75 Усл. п. л. 2,87 Уч.-изд. л. 2,8 Тираж 18000

Т-05537 Изд. № 2394 Тип. зак. № 213 Темплан НПЛ 1964 г. № 2

*Цена 08 к.*

Издательство «Наука» Москва. К-62, Подсосенский пер., 21  
2-я типография Издательства «Наука». Москва. Г-99, Шубинский пер., 10