

**МЕТОДИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ
ПАЛИНОЛОГИИ**

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ РСФСР
ГЛАВНОЕ ТЮМЕНСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ
(ГЛАВТЮМЕНЬГЕОЛОГИЯ)

Западно-Сибирский научно-исследовательский
геологоразведочный нефтяной институт (ЗапСибНИГНИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПАЛИНОЛОГИИ

Под редакцией
члена-корреспондента
АН СССР И.И. Нестерова

4854



МОСКВА "НЕДРА" 1987



Методические аспекты палинологии./Под ред. И. И. Нестерова.— М., «Недра», 1987, 223 с., с ил. (Министерство геологии РСФСР. Гл. Тюменское производ. геол. упр. Зап.-Сиб. науч.-исслед. геологоразвед. нефт. ин-т).

Рассмотрены методические приемы интерпретации палинологических данных для целей детальной стратиграфии и корреляции, палеофлористики и палеогеографии, а также для решения многих вопросов практической геологии. Описаны принципы и методы, получившие применение в палинологии и не освещавшиеся ранее в методических руководствах. Освещены вопросы морфологии спор и пыльцы на основании анализов, выполненных на современном уровне с помощью электронного микроскопа. Приведены новейшие аспекты использования палинологического метода при различных палеогеографических построениях, степени катагенеза органического вещества в горных породах. Изложены методы применения палинологии в стратиграфии отложений различного генезиса и возраста.

Табл. 11, ил. 21, список лит.— 47 назв.

Работа подготовлена *Е. Д. Заклинской, С. И. Пуртовой, Л. В. Ровниной.*

Выпущена по заказу Западно-Сибирского научно-исследовательского геологоразведочного нефтяного института.

Палинология как наука имеет широкое практическое применение в исследованиях, связанных с развитием народного хозяйства и фундаментальными исследованиями в области наук о Земле.

С помощью палинологии решаются вопросы систематики растений, цитологии, онтогенеза, изучаются морфология оболочек спор и пыльцы и химический состав их различных слоев, а также реконструкции флоры прошлого, воссоздания палеогеографической обстановки, установления этапности в эволюции флор и растительности. Прикладное значение палинологии особенно важно при решении задач, определенных требованиями развивающейся промышленности нашей страны, и в первую очередь горно-геологической отрасли.

В настоящее время роль палинологии в биостратиграфии фанерозоя общепризнана. Современная палинология владеет рядом методов исследований, усовершенствование их является актуальной задачей нашего времени.

В книге рассматриваются методические приемы интерпретации палинологических данных для целей палеофлористики и палеогеографии, а также многие вопросы практической геологии. В ней описаны методы, получившие применение в палинологии в последние годы и не освещавшиеся ранее в методических руководствах. Большое место уделено изложению вопросов морфологии спор и пыльцы, а также результатам исследований, полученных с помощью электронной микроскопии. Приведены результаты использования палинологических данных при различных палеогеографических построениях; определении степени катагенеза органического вещества в горных породах. Широко освещены методы применения палинологических данных в стратиграфии.

Работа выполнялась специалистами восьми научных учреждений: институтом географии АН СССР (В. П. Гричук), геологическим ордена Ленина, Трудового Красного Знамени институтом АН СССР (Е. Д. Заклинская), Сибирским научно-исследовательским институтом геологии, геофизики и минерального сырья (Л. Г. Маркова), Московским Государственным университетом им. Ломоносова (Н. Р. Мейер), Всесоюзным научно-исследовательским ордена Ленина геологическим институтом им. Карпинского (М. В. Ошуркова), Западно-Сибирским научно-исследовательским геологическим нефтяным институтом (С. И. Пуртова и В. Г. Стрепетилова), ордена Трудового Красного Знамени Институтом геологии и разработки горючих ископаемых (Л. В. Ровнина), Всесоюзным ордена Трудового Красного Знамени нефтяным научно-исследовательским геологоразведочным институтом (Н. А. Тимошина и В. А. Федорова).

Около столетия отделяет нас от времени, когда В. Н. Сукачев, изучавший историю болот в Курской области, обнаружил в различных слоях торфа пыльцу древесных пород. Состав найденной им пыльцы показывал, что дендрофлора, окружавшая болото, менялась за время его формирования.

Шведский палеонтолог Н. Лагергейм обратил внимание на то, что в озерных отложениях палеонтологические остатки содержат, кроме обрывков растительной ткани, хорошо сохранившиеся пыльцевые зерна. Позже его ученики и последователи использовали комплексы ископаемой пыльцы для восстановления истории лесов и климатов голоцена северной части Европы. Изучение ископаемых спор (микроспор, мегаспор, макроспор), связанное с исследованием мезозойских и палеозойских углей, началось несколько ранее (работы П. Рейниш, относящиеся к концу XIX столетия). В СССР оно развивалось параллельно с петрографией углей (работы Ю. А. Жемчужникова, А. Л. Любер, С. Н. Наумовой).

Таким образом, первые этапы развития палинологии были связаны с изучением органогенных пород. В торфоведении это направление называлось «пыльцевой анализ», в петрографических исследованиях углей — «споровый анализ».

Постепенно временной разрыв между изучающимися органогенными отложениями суживался и появился термин «спорово-пыльцевой анализ». С первых лет возникновения научного метода «спорово-пыльцевой анализ» исследования были сразу же направлены на методические разработки, что и способствовало быстрому внедрению его в практику палеогеографических и геологических исследований. Применение его раскрывало ряд перспективных направлений, связанных с развитием народного хозяйства и фундаментальных исследований в области наук о Земле.

Толчком в развитии спорово-пыльцевого анализа в стратиграфии и палеогеографии послужило появление нового метода извлечения ископаемых спор и пыльцы из минералогенных пород, разработанного В. П. Гричуком в 30-х годах. Применение сепарационного метода обогащения позволило извлекать ископаемые пыльцу и споры (их оболочки) из всех типов осадочных отложений морского и континентального генезиса.

Следовательно, потенциальное число местонахождений спорово-пыльцевых комплексов неограниченно увеличилось и появилась возможность в каждом отдельном случае получать непрерывный ряд сменяющихся во времени (хронологический ряд) и пространстве (дифференциация) флористических комплексов и памятников былых ландшафтов. Тем самым обеспечивалась практически возможная и наиболее надежная корреляция различного

масштаба с помощью единой группы ископаемых — спор и пыльцы высших растений. В то же время появилась возможность осуществления комплексных исследований с привлечением других групп палеонтологических памятников животного и растительного мира. Связь палинологии с биологическими и геологическими науками показана на рис. 1.

Как представители высших (сосудистых) растений (*Cormophyta*) споры и пыльца являются объектом биологическим и, в частности, ботаническим; как ископаемой флоры — оболочки пыльцы и спор — объектом палеоботаническим, соответственно палеонтологическим, а в связи с микроскопическими размерами — микропалеонтологическим. Как палеонтологический объект споры и пыльца теснейшим образом связаны с палеогеографией и стратиграфией.

Ко второй половине XX в., имея определившиеся направления в исследованиях, свои задачи в практических и научных аспектах, споры-пыльцевой анализ уже имел право на относительно независимость в ряду научных направлений, которое получило наименование «палинология». Термин «палинология» был введен Г. Эрдтманом. После долгих дискуссий советские и зарубежные ученые согласились, что греческое слово «*palupo*» (распылять, рассеивать) и латинское «*pollen*» (пыльца), в конечном итоге преобразованные в *Palynology* — палинология, — соответствуют науке о пыльце и спорах высших растений и привлекателен лаконичностью.

В последние годы за рубежом появилась тенденция под термином «палинология» объединять все методы изучения микроскопических остатков растительного и животного мира, которые в дисперсном состоянии находятся в осадочных отложениях: цисты водорослей, форменные (сохранившие клеточную структуру) обрывки растительной ткани, клетки водорослей, классифицированных в клан акритарх, и микроскопические фрагменты животных организмов. Однако в СССР такое обобщение не принимается, поскольку для наук об ископаемых дисперсных микроскопических остатках животных и растительных организмов (в том числе спор и пыльцы) уже найдено свое место в микропалеонтологии. В по-

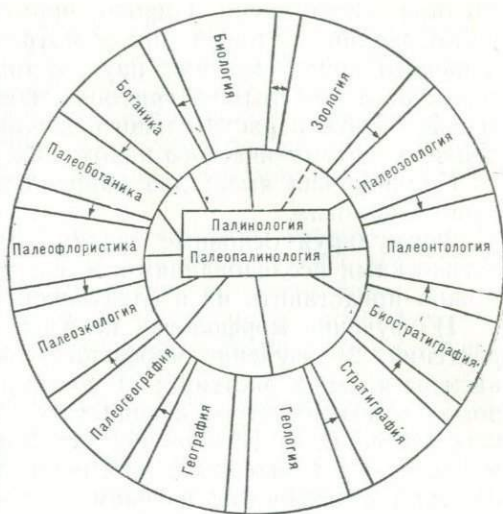


Рис. 1. Соотношение палинологии со смежными науками. По Е. Д. Заклинской (1985 г.)

следние десятилетия широко применяется комплексный метод исследований, который предусматривает использование данных широкого круга смежных наук, в том числе и альгологии, и находки остатков низших грибов и, конечно, макро- и микроскопических остатков растительного, животного и пока еще не определенного систематического положения.

Палинология имеет два направления: актуопалинология и палеопалинология.

Формулируя основные задачи палинологии, связанной с геологическими исследованиями, и, следовательно, со стратиграфией, можно представить их в следующей последовательности:

- 1) изучение морфологии пыльцы и спор современных высших растений;
- 2) изучение морфологии ископаемых оболочек спор и пыльцы высших растений;
- 3) систематика, классификация, таксономия и номенклатура ископаемых оболочек спор и пыльцы высших растений;
- 4) установление степени возможного родства ископаемых спор и пыльцы с производившими их растениями в соответствии с возрастом изучаемых палинофлор;
- 5) установление наиболее полных палино-тафофлор (комплексов) и прослеживание их необратимых изменений во времени;
- 6) анализ степени представительности установленных комплексов ископаемых спор и пыльцы в качестве показателей существовавшей флоры высших растений;
- 7) установление валидных палинологических таксонов, с помощью которых доступна корреляция различного масштаба и обоснование палинохронов;
- 8) реконструкция флористической дифференциации в различные геологические эпохи и установление границ хорионов различного ранга в пределах Северного и Южного полушарий Земли, установление соотношения между масштабами хронов с помощью палинологических данных и других палеонтологических групп;
- 9) исследование степени влияния последовательных фаз седиментогенеза на сохранность споропollenиновых оболочек спор и пыльцы высших растений;
- 10) разработка методов определения степени преобразования органического вещества с помощью палинологических данных;
- 11) разработка методов практического применения электронно-микроскопических исследований в палинологии современной и ископаемой флоры высших растений;
- 12) усовершенствование методики рабочего процесса спорово-пыльцевого анализа с целью повышения эффективности палинологических исследований для практического использования их в геологии;
- 13) постановка экспериментальных исследований с использованием принципов актуализма для внесения наиболее корректных поправок в решение неравенства — растительный покров \neq «пыльцевой дождь» \neq субфоссильный спектр \neq ископаемый комплекс пыльцы и спор \neq флора и растительность былого;
- 14) разработка методов с учетом составления рекомендаций для наиболее эффективного проведения всех этапов изучения палинологических комплексов и для составления лаконичных, но достаточно информативных заключений и выводов, полученных в результате палинологических исследований, в

соответствии с поставленной задачей; 15) обоснование хронологии палеоклиматов Земли в различные геологические эпохи и разработка проблем, касающихся масштаба синантропических влияний на закономерности развития природной среды; 16) развитие комплексных методов в практике палинологических исследований; 17) разработка методов использования ЭВМ при решении некоторых вопросов.

Быстро возрастающие требования народного хозяйства, а также возрастающая потребность в обеспечении страны энергетическими ресурсами требует новых методических разработок.

Каждая из перечисленных выше задач имеет специфические особенности, находящиеся во взаимосвязи с возрастными рамками вмещающих пород.

В Советском Союзе работает более 700 специалистов палинологов различного профиля (в основном биостратиграфического) в 83 городах, где расположены научно-исследовательские институты Министерств геологии, нефтяной и газовой промышленности, Министерства сельского хозяйства, системы Академии наук СССР и союзных республик и Министерств высшего и среднего образования, здравоохранения. Активно работают палинологи при палеонтологическом и ботаническом обществах, консультируемые Палинологической комиссией научного совета «Пути и закономерности исторического развития животных и растительных организмов». При Всесоюзном ботаническом обществе работает ассоциация палинологов, имеющая свой филиал при Московском отделении Всесоюзного ботанического общества. Актив палинологов СССР имеет представителей в составе Совета Международной Федерации палинологических обществ.

Как отмечалось ранее, спорово-пыльцевой анализ в старом его понимании (30—50-е и начало 60-х годов) постепенно перешел в ранг одной из начальных стадий палинологических исследований. Основой фундаментальных и практических исследований в современной палинологии является глубокий критический анализ полученных данных по изучению ископаемых оболочек пыльцы и спор. Поэтому наиболее надежным ископаемым материалом является комплекс ископаемых пыльцы и спор из каждой пробы, каждого образца, каждого слоя изучаемых геологических разрезов.

В связи с этим в СССР обращается большое внимание как на тщательное опробование и этикетирование исследуемых осадочных пород в полевых условиях, так и на усовершенствование технической подготовки образцов в лабораторных условиях применительно к генетическим особенностям изучаемых отложений.

Введение в практику микропалеонтологических исследований комплексных методов позволило учитывать в одном разрезе состав планктонных водорослей, определять сохранность оболочек спор и пыльцы, привлекать данные по палеонтологическим остаткам животных организмов, макроскопическим остаткам растений. В последнее время принимаются во внимание скопления расти-

тельных клеток и аморфной массы, а также учитываются геохимические и геофизические данные.

Пожалуй, наибольшего успеха достигла палинология применительно к стратиграфии в установлении так называемых «палинохронов». Последние в масштабе, заходящем за региональные, пока еще не выходят за рамки, измеряемые геологическим веком (ярусом), что обусловлено относительной длительностью существования видовых, а тем более родовых таксонов растений и ограниченной их миграцией. Однако именно это обстоятельство обеспечивает относительную стабильность устанавливаемых хронов и надежность их границ, позволяющих корректировать данные, полученные по другим видам ископаемых, подверженных широкой миграции и имеющих более низкий, чем у растений, порог выживаемости при изменении физико-географической обстановки. В то же время обнаруживаемые изменения ареалов отдельных таксонов и их групп являются показателем крупных и необратимых событий общего порядка и могут быть использованы для установления надежных хронов планетарного масштаба.

Возможность установления дробных подразделений палинохрон (в более широком, чем региональный, масштабе) доступнее всего при исследовании последних фаз кайнофита. К этому времени (неоген, плейстоцен) появляется возможность оперировать при определительской работе с таксонами естественной системы и устанавливать зональные типы растительного покрова.

В палинологии, связанной с изучением более древних флор, определение изменений в составе растительности значительно усложнено в связи с ограничением синонимизации ископаемых пыльцы и спор с производящими растениями.

В значительной степени в настоящее время продвинулись исследования ультраструктур спор и пыльцы с помощью электронной микроскопии (ТЭМ, СЭМ), позволяющей устанавливать филогенетическую связь ископаемых и систематическое родство (или различия) между ними.

Постепенно продвигаются исследования пыльцы и спор из репродуктивных органов. Это направление является единственным ключом для установления родства между дисперсными макро- и микроостатками флоры и реконструкции филогенетических связей.

Особое значение приобретает палинология в связи с работами по крупномасштабной геологической съемке, при которой требуется корреляция. При региональных исследованиях для корреляции необходимо использовать максимально «плотно» построенные вертикальные ряды (хронологическая последовательность) и прослеживание палинокомплексов по простиранию литологически однородных и неоднородных слоев.

Методика корреляции разнофациальных осадочных толщ широким фронтом разрабатывается на базе изучения донных осадков современных озер, внутренних и окраинных морей, горных областей и в регионах с активной вулканической деятельностью.

В СССР положено начало фундаментальным маринопалинологическим исследованиям донных осадков [19] окраинных морей — Охотского, Баренцева, Белого, Балтийского, Черного и замкнутых озер-морей — Аральского, Азовского, Каспийского [8, 22]. Маринопалинологические исследования помогли приступить к систематическому исследованию донных осадков в различных районах Атлантического, Тихого и Индийского океанов.

Широко используется в отечественной палинологии методика комплексных методов применительно к корреляции угленосных отложений и собственно угольных пластов промышленного значения.

Большое внимание в последние десятилетия уделяется палино-стратиграфии и палеогеографии нефтегазоносных районов. Благодаря глубокому бурению, выполняемому при поисковых и разведочных работах, получен для палинологических лабораторий научно-исследовательских (СНИИГГиМС, ЗапСибНИГНИ, ИГиРГИ, СевКавНИПИнефть, ВНИГРИ, ВСЕГЕИ) и производственных организаций неопределимый материал. Палинологические материалы наравне с комплексами микрофауны и аммонитовыми зонами составили биостратиграфическую основу ныне действующих и принимавшихся ранее унифицированных стратиграфических схем по крупным регионам территории Советского Союза.

В 1966 г. А. В. Гольбертом и И. Д. Поляковой была разработана методика региональных палеоклиматических реконструкций по палинологическим данным, с использованием этой методики составлены карты ландшафтов Западной Сибири в юре, мелу и палеогене.

Данные спорово-пыльцевого анализа широко применяются при корреляции отдельных продуктивных толщ мезозоя; на их основании устанавливаются перерывы в осадконакоплении, а также направление источников сноса и дальность разноса терригенного материала [11, 34]. В настоящее время ставится задача о возможности использования палинологических данных при поисках экранированных залежей углеводородов. Несомненно, палеогеографическое направление будет и впредь развиваться. Одним из сравнительно новых направлений в современной палинологии Советского Союза является изучение спор и пыльцы в нефтях (А. М. Медведева, Л. Л. Богдасарян). Перспективными являются и работы, связанные с биохимией оболочек спор и пыльцы, в связи с установлением степени возможного участия спорсполленинов в образовании углеводородов, а также степени преобразования органического вещества в горных породах с помощью палинологических данных. Таким образом, многочисленные возможности палинологических данных при решении многих вопросов геологии ставят палинологию в ряд весьма перспективных.

Заслуживают внимания наблюдения за природными явлениями, проявляющимися сейчас в различных климатических зонах Земли и показывающими неразрывную связь их с эволюцией биосферы в целом. Принципы актуализма во многих вопросах биостра-

тиграфини и палеогеографини не потеряли своего значения, так как современная жизнь Земли — это не завершённый этап, а лишь доступная нашим наблюдениям его фаза.

В современной палинологии уделяется особое внимание разработкам экспериментальных исследований, и в первую очередь относящихся к законам формирования комплексов ископаемых оболочек пыльцы и спор в различных современных седиментационных бассейнах (М. В. Кабайлене). В последнее десятилетие в палинологии палеофита и антропогена начали применяться ЭВМ.

Палинологические данные, хранящиеся в «банках памяти» и поступающие в процессе новых исследований, безусловно, послужат надёжной основой для геологических работ, связанных с поисками и разработкой новых месторождений полезных ископаемых.

ФЛОРА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Флора и растительность — два сопряженных понятия, но, безусловно, не синонимы. Хорошо известно, что идентичные зональные типы растительности (лес, тундра, степь и др.), расположенные на различных континентах или даже на одном континенте, могут формироваться на различной флористической основе.

Еще в начале прошлого столетия ботаники задумывались о том, что различие флор на разных континентах требует географического районирования, при этом должно быть выдержано строгое соподчинение рангов, установленных таксонов районирования. Высшим рангом является царство, ему подчинены области, которые могут подразделяться на провинции, а провинции на округа. Такая классификация принята для районирования современной флоры Земли. Принцип флористического районирования основан прежде всего на наличии эндемических таксонов, слагающих флору, и на географической приуроченности их ареалов.

Флористические царства устанавливаются по присутствию эндемиков высоких категорий — семейства, роды. Флористические области характеризуются особенно высоким эндемизмом на видовом и родовом уровнях. Эндемизм на семейственном уровне для флористических областей выражен слабее, чем для царств, но весомым критерием для выделения флористической области является число представляющих ее семейств.

Провинции устанавливаются в пределах области также на основании родового и видового эндемизма. Однако, по данным А. Л. Тахтаджяна, эндемизм флоры провинций значительно менее ярко выражен, чем для области в целом. Еще более низок показатель эндемизма во флоре округов. Признаком низшего флористического таксона, каким является округ, может быть принято число видов в пределах рода или число родов в пределах семейств, распространенных во флоре округа.

Таким образом, при флористическом районировании основными элементами являются качественные характеристики и границы ареалов семейств, родов и видов. Количественные параметры для разграничения в основном относятся к числу видов или родов, представленных во флоре каждого из подразделений.

Общность флор определяется существованием материковых «мостов», обеспечивающих миграцию. Если обратиться к геологической истории, связанной с мобилистской теорией, ныне модернизированной теорией тектоники плит, то можно убедиться, что направления границ флористических царств проявляют преемственность в пределах крупных геохронов фанерозоя. Сходные типы растительности могут формироваться на разной флористической основе. Как, например, леса Евразии и леса Амазонки или пустыни Казахстана и пустыни Центральной Африки и Западной Австралии. И те, и другие относятся к определенным типам растительности, но флористически — различны.

Но нельзя не признать, что существует ряд растительных формаций, специфических для различных флористических царств и их областей, как, например, формации мангрове или маквиста, чаппареля. Они могут служить индикаторами флористической характеристики, так как ареалы родов и видов растений, входящих в эти формации, строго ограничены и находятся в пределах особых флористических подразделений.

Обособленность флоры определяется качественной характеристикой систематических единиц, бедностью или богатством, эндемичными таксонами. Обособленность типа растительного покрова определяется количественным соотношением слагающих ее таксонов. Свойственные ей ассоциации и ценотическая характеристика включают и количественные соотношения слагающих таксонов, и ряд признаков геоботанического профиля (Г. В. Вальтер). Районирование современной флоры, к необходимости которого ботаники пришли более 100 лет назад, принадлежит многим авторам. Некоторые из них, картируя флористическую дифференциацию, отводят место царству флоры морей. В. Шафер обращает внимание на то, что хотя мир так называемых водных растений и экологически, и физиологически совершенно отличен от мира наземной флоры, он также глубоко дифференцирован. В. Шафер отмечает сходство границ флористических царств наземной флоры и флоры морей; он подчеркивает, что тропические и субтропические царства наземной флоры по числу родов значительно богаче флористических царств, охватывающих умеренные и крайние северные и южные широты, в то время как в мире морских флористических царств наибольшим богатством родов характеризуются умеренные широты.

Основное разнообразие видов мира водорослей (в особенности планктонных) приурочено к шельфовым и вообще прибрежным зонам бассейнов. Это разнообразие резко уменьшается в направлении от шельфа к удаленной от береговых границ акватории. Использование этой закономерности особенно важно при ком-

плексных исследованиях, так как облегчает сопоставление между хронологически сменяющимися изменениями в наземной и морской флоре. Наиболее достоверные и полные комплексы пыльцы и спор растительного покрова побережий концентрируются в пределах одной, максимум двух сотен километров.

Определение понятия растительность уводит нас в область геоботаники и географии растений, так как связано с ландшафтными представлениями. Основной «старшей» единицей для определения растительности является тип растительного покрова. Его границы зависят в основном от климатической зональности.

В горных условиях зональность растительного покрова, присущая им и относительно четко дифференцированная в плакорных условиях, как бы повторяется в зависимости от высотных параметров. Но климатические пояса, сменяющиеся в зависимости от высотных отметок, должны рассматриваться в качестве «азональных» типов дифференциации, так как она повторяется в любых климатических зонах в идентичной последовательности.

Слагающим элементом типа растительного покрова является формация. Состав ее зависит от общих физико-географических условий (в основном климатических), определяющих таксономический состав образующих ее древесных и недревесных растений. Более низкое подразделение — ассоциация — определяется количественным соотношением доминирующих и соподчиненных элементов в видовом и родовом рангах. Основным исходным подразделением растительности является фитоценоз, т. е. комплекс совместно существующих видов растений, связанных природными условиями. И. Шмитхьюзен в современной растительности Земного шара выделяет девять классов (типов) формации: I — леса, II — кустарники, III — саванны и степи, IV — луга, V — кустарнички и полукустарнички, VI — терофиты (?), VII — пустыни, VIII — внутренние водоемы, IX — моря.

Он считает, что для характеристики растительного покрова (физиономии ландшафта) большое значение имеет внешний облик растений (дерево, куст, трава, лиана, эпифит). Особенности ландшафта зависят от общих физико-географических условий, включая рельеф, минеральный субстрат и другие факторы.

Таким образом, развитие растительного мира Земли определяется закономерностями, заключенными в двух сопряженных понятиях — флора и растительность. И при картировании флоры и растительности прошлых эпох не следует объединять эти два понятия в единый термин — «ботанико-географическое районирование», или «фитогеографическое районирование».

Карты флористической дифференциации прошлых эпох показывают последовательную эволюцию флоры во времени и пространстве в тесной связи с историей формирования суши и моря; карты ботанико-географического профиля — распределение типов растительного покрова, слагающих его формаций и связь их с биоценозами в целом.

При восстановлении растительности необходимо иметь данные о жизненных формах растений, принадлежности их к древесным или травянистым формам, о предполагаемых экологических требованиях (рельеф, влага, температурные показатели и т. д.). Обычно реконструкции домиоценовой растительности имеют значительную долю гипотетичности и строятся на основе использования для этого данных литологии, палеогеоморфологии и других параметров.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМАТИКЕ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

История высших растений (Cormophyta) охватывает около 400 млн. лет фанерозоя. Приспосабливаясь к существованию на суше, фанерофиты прошли ряд эволюционных преобразований и во внешнем облике, и в строении корневой системы, и в усовершенствовании проводящих органов, приобретая сложный сосудистый механизм.

Жизненный цикл высших растений очень сложен. Он состоит как бы из двух фаз развития: 1) полового поколения (гаметофит) и 2) бесполого поколения (спорофит). При этом фазы эти могут быть представлены в форме раздельно существующих индивидуумов (псилофиты, плауны, хвощи и папоротники). В 1956 г. А. Л. Тахтаджян отмечал, что фазы их поколений могут представлять собой отдельные, физиологически независимые существа. У мхов и семенных растений смена поколений «как бы вуалируется» из-за физиологической подчиненности какого-либо из поколений другому. Например, два поколения в развитии известного в современной флоре папоротника *Asplenium filix (mas)* представлены в виде независимо существующих индивидуумов: бесполого (спорофита), формирующегося в самостоятельное растение с крупными перистыми листьями, на нижней стороне которых помещаются сорусы со спорагиями и полового (гаметофита) — заростка. Заросток образуется при прорастании микроспоры, попавшей на очень влажную почву. Заросток небольшого размера и представляет собой тонкую пластинку, на которой через некоторое время образуются архегонии (женские клетки) и антеридии (мужские клетки). После оплодотворения женской клетки на архегонии развивается зародыш, который вырастает в растение (спорофит). В ископаемом состоянии сохраняются спорополленовые оболочки зрелых микроспор, высыпавшихся из сорусов созревших спорангиев, находившихся на листьях взрослого спорофита.

Независимость поколений (полового и бесполого) у листового мха *Funaria hydrometrica* не выражена, и физиологическая самостоятельность свойственна только гаметофиту (половому поколению).

Для хвоща характерна гетероспория. Споры, развивающиеся на спорофите, при прорастании дают начало и мужскому, и женскому поколениям. Морфология спор при этом идентична. В архе-

гониях после оплодотворения формируются зародыши будущего спорофита, который, вырастая, становится самостоятельным растением. На нем располагаются спороносные колоски со спорангиями. В ископаемом состоянии сохраняются спорополлиновые оболочки, снабженные пружинками, способствующими выбрасыванию спор из сорусов. Иногда эти пружинки отрываются и у ископаемых спор остается на оболочке лишь след от их прикрепления. Явно выраженная гетероспория известна у разноспоровых плауновидных, например, у рода *Selaginella* (плаунок), а также у полушниковых.

Поколение спорофита у плаунок представлено небольшим растением, на спороносных колосках которого образуются спорангии. В спорангиях развиваются споры, различные по размерам и морфологии. Эти споры различаются также и физиологически. В одних спорангиях (микроспорангиях) развивается значительное количество микроспор, а в других спорангиях, которые называются мегаспорангиями, — мегаспоры.

Созревшие микроспоры и мегаспоры начинают прорастать, находясь еще в спорангиях. При этом микроспоры образуют заросток (гаметофит), развивающийся внутри оболочки микроспоры. Мегаспоры также прорастают, не отрываясь от материнского растения (спорофита). Прорастание происходит внутри мегаспорангия. На заростке, образовавшемся в результате прорастания микроспоры, развивается один антеридий. В результате последующего оплодотворения образуется зародыш, вырастающий в небольшое расстояние (плаунок).

Итак, что же такое споры, оболочки которых мы извлекаем из осадочных отложений, и, определяя различную степень их родства с современными (или ископаемыми) растениями, решаем (или решаемся) реконструировать эволюцию флоры, районировать флористическую дифференциацию, обосновывать расчлененные осадки и коррелировать разнофациальные слои?

Споры — это клетки, собственные бесполому поколению в цикле развития растений, размножение которых не связано с развитием семени. В функцию спор входит при прорастании дать начало заростку. Споры различаются физиологически. Из изоспор развиваются обоеполые заростки. Такие споры морфологически идентичны.

Гетероспорами называются такие споры, которые, прорастая, дают начало разнополовым заросткам. Микроспоры по размерам мельче мегаспор и морфологически от них отличаются. Макроспоры при прорастании дают начало женскому заростку, микроспоры, прорастая, дают начало мужскому заростку.

В оболочках спор запечатлены признаки вида, рода растения. Признаки эти наследственно закреплены. Количество спор значительно превышает число особей, в спорангиях которых они созревают. По мнению Ж. Леме, каждый стебелек плауна *Lycopodium clavatum* или папоротника *Trichomanes reduncus* может произвести до 30 млн. спор в год. Правда, такое количество не обяза-

тельно повторяется ежегодно, но в масштабе геологического летоисчисления это не имеет значения.

Итак, споры различной генерации, несущие закрепленные признаки, свидетельствующие о принадлежности их ископаемых оболочек к определенным видам, родам, семействам или таксонам более высокого ранга ныне живущих или вымерших растений, являются инструментом для реконструкции исторического развития и эволюции флоры.

В отличие от споровых растений, голосеменные и покрытосеменные размножаются не спорами, а семенами. От папоротниковых они отличаются четко выраженной и постоянной тесной связью зародыша со спорофитом (материнским растением). При изучении голосеменных растений установлено, что для них характерно наличие семязачатков (семяпочек), состоящих из одного мегаспорангия (нуцеллуса) и окружающего его особого защитного покрова, называемого интегументом. Все ранние стадии развития спорофита происходят внутри семязачатка и семени. По мнению А. Л. Тахтаджяна, наличие семязачатка и является тем признаком, который кладет грань между папоротниками и первичными голосеменными.

Покрытосеменные растения также размножаются не спорами, а семенами. Но, в отличие от голосеменных, семена их заключены внутри плода. Мегаспорофиллы у покрытосеменных срастаются, образуя пестик. Микроспорофиллы — тычинки с пыльниками состоят из гнезд (микроспорангиев), в которых развиваются материнские клетки, внутри которых образуются четыре микроспоры. В стадии гаметофита они покидают пыльники и с помощью ветра или насекомых переносятся на рыльце пестика. Пылинки, не попавшие на рыльце пестика и не выполнившие свои физиологические функции, развеваются ветром и попадают на поверхность почвы и акваторий.

Морфология спорополлениновых оболочек мужского гаметофита, голосеменных и покрытосеменных растений несет признаки вида, рода, семейства и более высоких таксонов растений-продуцентов.

Оболочка спор и пыльцевых зерен выполняет многочисленные функции, в результате созревания в ней сохраняются лишь те слои и структуры, которые одновременно обеспечивают их жизнедеятельность. Спородермы развиваются независимо от других структур и определяются с одной стороны наследственностью, с другой — функциональной необходимостью и особенно способом опыления. Размеры и скульптура пыльцы обычно коррелируют с характером строения цветка.

Таким образом, в результате длительного эволюционного процесса сохранились, видимо, лишь те растения, споры или пыльцевые зерна которых имеют достаточный запас питательных веществ, легкую, эластичную и одновременно очень прочную оболочку, способную к значительному растяжению и резкому сжатию и одновременно обеспечивающую процессы жизнедеятель-

ности прорастания, хорошо приспособленную к опылению различными биотическими или абиотическими агентами. Споры некоторых папоротников имеют даже хлорофилл, в результате чего они способны синтезировать органическое вещество и длительное время существовать самостоятельно. Это чрезвычайно важное обстоятельство дает возможность выжить многим видам папоротников в неблагоприятные периоды, когда спорофиты погибают.

Оболочки пыльцевых зерен и спор сложно устроены, разнообразны, весьма специфичны для каждого семейства, нередко рода и даже вида высших растений и имеют большую таксономическую значимость. Удивительная стойкость некоторых слоев спородермы привела к тому, что большинство высших растений, когда-либо существовавших на Земле, представлены в ее отложениях остатками прочных спорополлениновых оболочек своих пыльцевых зерен и спор. Существенным оказалось также и то, что растения, оберегая процесс опыления и расселения от возможных случайностей, производят и производили в прошлом пыльцу и споры в огромных количествах. К. Фегри установлено, что еловые леса Южной и Средней Швеции производят 75 000 т пыльцы в год. Хорошая сохранность и видоспецифичность нередко делают пыльцу и споры незаменимыми источниками информации о времени появления отдельных растительных групп, смене типов растительности, эволюции растительного покрова Земли, о климате прошлого и характере образования осадочных пород.

Чтобы получить представление о богатстве флоры высших растений, полезно ознакомиться с их систематикой. В настоящее время большинство ботаников и палеоботаников (в том числе палинологов) следует системе А. Л. Тахтаджяна (это относится к споровым и голосеменным растениям). Что касается систематики покрытосеменных растений, то относительно ее безоговорочного признания пока еще нет единого мнения, ввиду недостаточного числа местонахождений макроостатков ранних покрытосеменных. До сего времени самые ранние находки покрытосеменных (ранний мел) открыты палинологами. Эволюционная продвинутость покрытосеменных позднего мела подтверждается находками пыльников в углефицированных и метаморфизованных слоях позднего мела в Скандинавии [43]. Пыльца, извлеченная из камер пыльников, по мнению Е. Фрис, указывает на генетические связи с порядками *Myrtale* и *Juglandale*.

Филогенетические построения, касающиеся предковых покрытосеменных, пока еще гипотетичны.

Система А. Л. Тахтаджяна значительно отличается от энгелеровской, принятой в монографии «Флора СССР» (т. 1, 1934 г). Она построена с учетом эволюционной последовательности в развитии растений.

Все высшие растения составляют особый отдел — *Cormophyta*. Отдел подразделяется на шесть типов: 1) псилофитовые (*Psilopsida*), 2) моховидные (*Bryopsida*), 3) плауновидные (*Lycopsida*),

4) псилотовые (Tonesopsida), 5) членистостебельчатые (Spherpopsida) и 6) папоротникообразные (Pteropsida).

Соподчиненность таксонов в системе А. Л. Тахтаджяна следующая: отдел, тип, класс, порядок, семейство, род, вид. Допускается градация с приставкой «под», «над». Систематика А. Л. Тахтаджяна содержит много палеоботанических данных, в том числе и палинологических.

Следует отметить, что количество таксонов рангом ниже класса, известных в ископаемом состоянии, значительно менее числа таксонов, известных в современной флоре. Причина этого несоответствия, по сути дела, не установлена достоверно. Существует несколько взглядов на этот вопрос. Возможно, что здесь имеет место фактор сохранности, возможно — некомплектности ископаемых, возможно — слабой изученности местонахождения ископаемых и их относительной дисперсностью и малочисленностью. Другое предположение допускает, что древние флоры действительно были значительно менее разнообразны и менее многочисленны по количеству таксонов в ранге порядков, семейств, их родов и видов. И те, и другие предположения пока что гипотетичны. Однако палеоботаника, изучая местонахождения макро- и микроостатков, обязана со всей тщательностью и вниманием относиться к обнаруженным ископаемым и добиваться, чтобы была уверенность в том, что обнаружены все остатки представленных в нем таксонов растений. Это правило относится как к микроскопическим остаткам флоры, так и к дисперсным спорам и пыльце. Что же касается разделов палинологии, связанных с изучением молодых флор (неоген, плейстоцен), то для палинологов при анализе полученных данных основным инструментом являются сравнительные коллекции пыльцы и спор представителей современной флоры.

МОРФОЛОГИЯ СПОР И ПЫЛЬЦЫ

Палиноморфология — это учение о структуре пыльцевых зерен и спор. В развитии ее выявляется несколько особенно ярких этапов, связанных с практическими запросами и с появлением принципиально новых технических возможностей изучения пыльцевых зерен и спор. О важной роли пыльцы для образования плодов и семян, по-видимому, было известно с незапамятных времен. Во всяком случае, в Древнем Египте, Сирии и Вавилоне знали секрет искусственного опыления растений. Однако вряд ли в те далекие времена имели представление о единичном пыльцевом зерне.

Особенно бурно палиноморфология развивалась с 40-х годов нашего столетия в связи с чисто практическими интересами спорово-пыльцевого анализа, вызванными интенсивным строительством, поисками полезных ископаемых и необходимостью точного определения возраста геологических отложений.

Современная палиноморфология — многогранная область исследований, в которой выявляются самостоятельные направления.

имеющие широкое как теоретическое, так и практическое значение. Одним из основных ее направлений является классическая палиноморфология, раскрывающая развитие и структуру оболочек пыльцевых зерен и спор современных и ископаемых растений. Она опирается на результаты как световой, так и электронной микроскопии. Использование электронных приборов не только существенно дополнило сведения, полученные с помощью световой микроскопии, но и позволило выявить не известные ранее структуры, выполняющие важную роль как в процессе формирования оболочек пыльцевых зерен и спор (спородермы), так и в жизнедеятельности спор и пыльцевых зерен и при их прорастании. Современное изучение структуры спородермы позволило пересмотреть таксономическую весомость признаков ее строения. Наряду с ранее использовавшимися признаками пыльцевого зерна, такими, как форма, характер апертур, рисунок поверхности и некоторыми другими, в палиноморфологии стали использовать признаки внутренней структуры спородермы и ультраскульптуры ее поверхности. Эти сведения часто дают существенную информацию для решения многих вопросов морфологии, систематики и филогении высших растений, а также способствуют более точному определению таксономической принадлежности оболочек пыльцы и спор. Использование электронных приборов позволило изучать этапы формирования спор и пыльцевых зерен и тем самым вскрыть диагностически весьма существенные признаки. Результаты этих исследований проливают свет на многие вопросы происхождения и эволюции высших растений и позволяют использовать эту информацию в самых разных целях не только в биологии, но и в палеогеографии, климатологии, геологии, медицине, сельском хозяйстве и даже криминалистике.

Установлено, что в зрелом состоянии оболочек как спор, так и пыльцы отсутствуют те признаки, которые имеют существенное значение для понимания родственных взаимоотношений таксонов и важны при расшифровке результатов спорово-пыльцевого анализа. Несозревшие пыльца и споры иногда захороняются, находясь еще в спорангиях или в гнездах пыльника. Вне пыльников или спорангиев незрелые пыльцевые зерна или споры, имеющие тонкий спорополлениновый слой, не сохраняются.

В настоящее время определение пыльцевых зерен и спор основано на тех признаках их строения, которые выявляются в световом микроскопе, и поэтому многие структуры оболочек спор и пыльцевых зерен долгое время оставались за пределами видимости.

В качестве примера могут послужить однобороздные пыльцевые зерна, характерные для разных групп голосеменных и покрытосеменных растений — цикадовых, беннеттитовых, гинкговых, ряда примитивных двудольных и однодольных цветковых растений. Электронно-микроскопические исследования показали, что все они различаются внутренним строением спородермы.

Нередко бывает трудно решить вопрос о принадлежности спородермы к папоротникам или голосеменным растениям, сложным бывает и определение трехбороздной пыльцы и т. д. В этих особых случаях, когда руководящими ископаемыми оказываются «сомнительные» — трудно определяемые пыльцевые зерна или споры, необходимо прибегать к более тонким методам исследований.

Выявление совокупности признаков ультраструктуры спородермы позволит более точно определять систематическую принадлежность ископаемых спор и пыльцы. Однако успех любого метода прежде всего зависит от его доступности, простоты, малой затраты времени и средств на его осуществление. В основном этим требованиям отвечают современные методы спорово-пыльцевого анализа, основанные на световой микроскопии, если аппаратура имеет высокую разрешающую способность. Использование электронных микроскопов — особенно просвечивающих — возможно только в исключительных случаях.

Изучение химического состава спородермы и содержимого пыльцевых зерен представляется весьма перспективным. В этой области сделано еще чрезвычайно мало, но уже показано, что даже близкие виды растений, пыльца которых недостаточно четко различима по морфологическим признакам, имеют разный химический состав спородермы.

Методы изучения морфологии пыльцевых зерен и спор. Технические возможности изучения пыльцы в настоящее время велики, однако по-прежнему любое исследование следует начинать с использования светового микроскопа.

Основные морфологические признаки пыльцевых зерен и спор, терминология. Этим вопросам посвящено много работ советских и зарубежных палинологов (Р. П. Вудхауз, Е. Ердтман, А. А. Курянова, А. Н. Сладков, Л. А. Алешина и др.).

Полярность. На стадии тетрад определяются многие морфологические признаки пыльцевых зерен и спор. Поэтому при их характеристике прежде всего обращают внимание на расположение в тетраде. Так, в пыльцевом зерне выделяют два полюса — дистальный и проксимальный, полярную ось и др. Все сказанное о пыльцевых зернах относится и к спорам.

Полюс (polus) — точка пыльцевого зерна, обращенная к центру тетрады — проксимальный полюс и противоположная точка, удаленная от центра тетрады — дистальный полюс.

Полярная, или главная ось — линия, соединяющая оба полюса пыльцевого зерна.

Полярное положение — положение пыльцевого зерна, наблюдаемое со стороны полюса.

Полярные — пыльцевые зерна с ярко выраженными полюсами.

Неполярные — пыльцевые зерна с невыраженными полюсами (со всех сторон одинаковые).

Разнополярные — пыльцевые зерна с различающимися дистальной и проксимальной частями.

Равнополярные — пыльцевые зерна, у которых дистальная и проксимальная части не отличаются друг от друга.

Почти равнополярные — пыльцевые зерна, у которых дистальная и проксимальная стороны слабо различаются.

Апокольпийум, или полярная область — площадь, ограниченная полярными концами борозд.

Дистальное полушарие, дистальная часть — половина пыльцевого зерна, обращенная в тетраде наружу.

Проксимальное полушарие, проксимальная часть — половина пыльцевого зерна, обращенная в тетраде внутрь.

Экватор — окружность наибольшего кругового сечения, перпендикулярного полярной оси и делящего пыльцевое зерно на две равные части.

Экваториальная ось (экваториальный диаметр) — линия, перпендикулярная и пересекающая главную ось пыльцевого зерна.

Экваториальное положение — положение пыльцевого зерна, рассматриваемого со стороны экватора.

Экваториальная плоскость — плоскость наибольшего кругового сечения, перпендикулярного полярной оси.

Поперечное сечение — сечение, параллельное экваториальной плоскости.

Контур — очертание пыльцевого зерна.

Экваториальный контур (equatorial contour) — очертание пыльцевого зерна при наблюдении с полюса.

Тетрадный рубец (комиссура, шов, спайка) — след на проксимальной стороне пыльцевого зерна, отражающий контакт микроспор в тетраде. Встречаются трехлучевые (trilete) и однолучевые (monolete) тетрадные рубцы. Обычно они характерны для спор.

Ф о р м а пыльцевых зерен обычно симметрична, реже асимметрична. Радиальносимметричные пыльцевые зерна наиболее распространены, они имеют три и более плоскостей симметрии и равные экваториальные оси. Для них введено понятие индекса формы. Индекс формы — отношение длины пыльцевого зерна к наибольшему поперечному диаметру: Для полярных пыльцевых зерен это — отношение главной оси к экваториальному диаметру. В зависимости от индекса формы выделяют пыльцевые зерна, представленные на рис. 2.

Радиальносимметричны тетраэдрические, гексагональные, гантелевидные и некоторые другие пыльцевые зерна.

Билатеральносимметричные пыльцевые зерна имеют только две взаимно перпендикулярные плоскости симметрии и экваториальные оси разной длины.

Из билатеральносимметричных пыльцевых зерен наиболее часты бобовидные, червеобразные (сильно вытянутые). Весьма специфична билатеральносимметричная форма пыльцевых зерен хвойных, имеющих воздушные мешки.

Очертание тесно связано с формой пыльцевых зерен и спор. Это непрерывная линия, ограничивающая проекцию пыльцевого зерна или споры. Обычно для симметричных пыльцевых зерен при-

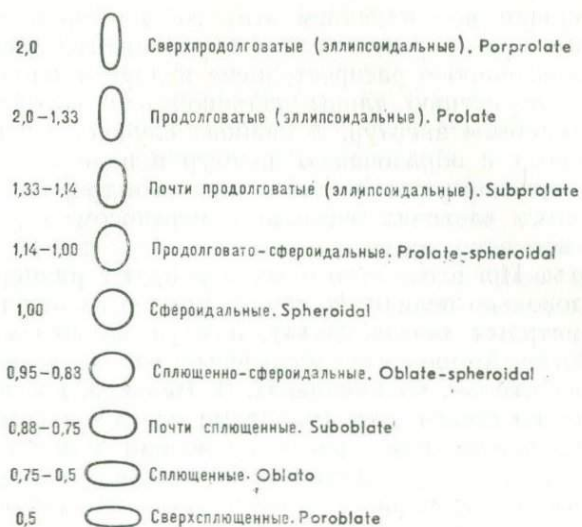


Рис. 2. Формы пыльцевых зерен (цифры слева — размеры в микрометрах)

водят очертание с полюса и с экватора. Форма и очертание пыльцевых зерен характерны для определенных таксонов. Так, споры мхов обычно имеют близкую к сфероидальной форму, для сфагновых мхов характерны тетраэдрические или сфероидальные споры, хвощи также характеризуются сфероидальными спорами, имеющими элатеры. Плауны имеют тетраэдрические споры, в то время как для папоротников помимо тетраэдрической характерна билатерально-симметричная, так называемая «бобовидная» форма спор.

Особенно разнообразна форма пыльцевых зерен семенных растений. С появлением экваториальнобороздных пыльцевых зерен основной формой становится сфера или близкие к ней формы, появляющиеся в разных, имеющих независимое происхождение линий развития *Clavatipollenites*. Д. Мюллер считает, что в результате неравномерного роста в области экватора, полюсов или внеапертурной зоны из сфероидальной образовались соответственно сплюсненные, эллипсоидальные и лопастные в полярной проекции пыльцевые зерна. Изменение формы в эволюции было первичным явлением, а развитие апертур — вторичным. Именно изменение формы часто ведет к изменению расположения и строения апертур и влияет на строение спородермы. В качестве доказательства этого утверждения Д. Мюллер приводит тот факт, что единственная борозда в пыльцевых зернах лодочкообразной формы хорошо отвечает гармомегатной функции, в то время как такая же апертура на пыльцевых зернах сфероидальной формы не обеспечивает должным образом функции гармомегата.

В дальнейшем под влиянием этих же факторов усиливается рост полярных осей, в результате чего удлиняются апертуры. Однако одинаково широко распространена и другая тенденция, приводящая к уменьшению длины полярной оси и коррелятивным изменениям системы апертур. В крайних случаях это приводит к редукции борозд и образованию апертур в виде пор. Очертание пыльцевого зерна при этом модифицируется в треугольное. Изчезновение борозд частично связано с переносом гармомегатной функции на всю спородерму.

Размеры. Пределы, в которых варьируют размеры пыльцевых зерен, довольно велики. Наиболее мелкие из них измеряются 2×5 микрометрами («незабудка»), а крупные достигают 6 мм.

В семействе Аппоасаеae пыльцевые зерна имеют диаметр 180 мкм, а некоторые, по мнению И. В. Валькер, достигают даже 350 мкм. Однако такого типа пыльцевые зерна только наполовину покрыты спорополленином, другая же половина имеет целлюлозную оболочку — интину. Длинные и тонкие пыльцевые зерна $130 \times 13,4$ мкм, с нормально развитой экзиной характерны для рода *Dalea* (Leguminosae).

Феноменально длинны пыльцевые зерна *Grossandra stenostahya* (Acanthaceae). Их длина составляет 460—610 мкм, а ширина достигает лишь 18—21 мкм, причем эти пыльцевые зерна имеют хорошо развитую экзину.

Особенно длинные (до 6 мм) нитевидные пыльцевые зерна характерны для водных растений. Однако они полностью или в значительной степени лишены спорополлениновой экзины.

По размерам пыльцевые зерна делят на: гигантские (200 мкм—600 мкм), очень крупные (100—200 мкм), крупные (50—100 мкм), средние (25—50 мкм), мелкие (10—25 мкм), очень мелкие (10 мкм—2 мкм).

Апертуры. Апертура — эластичное, гибкое, чаще тонкое или перфорированное место в экзине, всегда отличимое по структуре от остальной части пыльцевого зерна и служащее для прорастания споры или выхода пыльцевой трубки. Этот термин, впервые предложенный Г. Эрдтманом в 1952 г., объединяет частные термины: щели, борозды, поры, руги (морщины) и др.

Места расположения и очертания апертур определяются на самых ранних стадиях развития спор и микроспор, находящихся в полости спорангия или в гнезде пыльника. Покровная мембрана (дно апертуры) обычно формируется после заложения первичной эктэксины, и в его образовании в основном принимают участие элементы эндэксины, мезэксины, интины. Споры имеют проксимальные апертуры — трехлучевые или однолучевые щели. Пыльцевые зерна характеризуются дистальными, меридиональными или глобально расположенными апертурами.

Вопрос о том, существуют ли пыльцевые зерна с одной проксимальной апертурой, весьма спорен. Пыльцевые зерна с тонкой проксимальной экзиной обнаружены С. Раулем и Дж. Дойлем в 1962 г. у представителей семейства Commelinaceae и рядом

исследователей — у некоторых *Аппопасеае*. Однако тонкая экзина еще не представляет апертуру, если она имеет ту же структуру, что и остальная поверхность пыльцевого зерна, и, по-видимому, служит своеобразным гармомегатом, не гомологичным апертуре; как известно, у наиболее специализированных растений вся спородерма выполняет гармомегатную функцию.

Функции апертур многочисленны. На ранних стадиях развития апертуры служат местом непосредственного контакта между микроспорами, через них поступают в микроспору основные питательные вещества, затем по мере созревания происходит изоляция спор, микроспор, и тем более пыльцевых зерен, как друг от друга, так и от стенки спорангия. В местах прежних контактов образуется толстая оболочка, но уже из тех слоев спородермы, которые в это время закладываются, главным образом за счет элементов эндэкзины и интины, которые в области апертур всегда оказываются толще, чем на остальной поверхности.

Спородерма в области апертур прежде всего отличается от остальных ее участков тем, что спорополленин здесь никогда не откладывается сплошным слоем, а образует отдельные скопления, покоящиеся на толстом слое интины, вследствие чего дно апертуры легко растягивается, обеспечивая гармомегатную и дыхательную функции.

Позднее через апертуры, как через самые гибкие места в спородерме, происходит прорастание пыльцевой трубки и, благодаря содержанию в пыльцевом зерне многих высокоактивных веществ, узнавание своего партнера.

Эволюция апертур тесным образом связана с развитием спородермы в целом. Большую роль здесь сыграло формирование у семенных растений слоя структурированной эктэкзины, который обусловил возможность заложения апертуры практически в любом месте пыльцевого зерна.

На ранних этапах развития семенных растений такая эктэкзина стимулировала формирование дистальных апертур. Закладываясь с проксимальной стороны, она тем самым полностью отделяла находящиеся в тетраде микроспоры друг от друга и препятствовала образованию в спородерме сквозных отверстий — щелей, столь характерных для спор папоротников, плаунов, многих мхов. Этот новый слой привел к возникновению принципиально иного типа апертур, имеющих своеобразно устроенную спородерму. Появившись, апертуры нового типа стали выполнять несколько функций, меняющихся в процессе роста и развития микроспоры и пыльцевого зерна. Таким образом, если экзоспорий выполняет только функцию защиты споры и при ее прорастании обязательно разрывается, новая оболочка защищает не только стадию споры, но и, что очень важно, стадию гаметофита. Этот факт, по-видимому, имел существенное значение в развитии семенных растений, у которых уже на самых ранних этапах эволюции произошла быстрая дифференцировка, и развитие признаков пошло по

совершенно новым самостоятельным направлениям. В процессе эволюции вся поверхность пыльцевого зерна по строению приблизилась к апертуре и стала выполнять ее функции. Этот процесс довольно четко прослеживается у современных голосеменных, большинство которых утратило типичные апертуры. Среди покрытосеменных многие высокоорганизованные растения практически также лишены апертур, при этом у них происходят разнообразные структурные изменения спородермы. Стремление к независимому формированию каждой микроспоры от других микроспор — основная тенденция развития пыльцевых зерен цветковых растений. Споры и пыльцевые зерна других групп высших растений ограничены в своем развитии влиянием сестринских клеток тетрады и имеют в зрелом состоянии следы этого влияния. При этом чем более древнее и примитивнее растение, тем больше у него этих следов: тетраэдрическая форма, тетрадный рубец, щели — места прямого общения с клетками тетрады. Затем контакт между микроспорами нарушается формированием на проксимальной стороне сплошной спородермы, в результате возникают дистальные апертуры — борозды, затем поры, опоясывающие борозды и т. д. Однако пыльцевые зерна еще несут отпечатки их первичного соединения в тетраде и остаются четко полярными как по форме, распределению апертур, так и по внутреннему строению экзины. Наконец, появляется возможность полной независимости развития и возникают сферидальная форма и огромное разнообразие структурных особенностей спородермы в целом, в частности апертур. Кроме однообразных, у покрытосеменных возникли двух-, трех-, четырех-, пяти-, шести-, многобороздные, разнообразные поровые и многопоровые, ругатные (морщинистые), бороздно-оровые, бороздно-диоровые и многие другие пыльцевые зерна.

Расположение апертур определяется не только полярризацией, но зависит и от характера тетрады и в некоторых случаях (злаки) определяется положением пыльцевого зерна по отношению к клеткам тапетума.

Апертуры делятся на простые и сложные. Простая апертура представлена одним типом: щелью, бороздой, лептомой, ругой, порой. Сложная апертура представлена сочетанием двух типов апертур. Например, бороздой и порой, двумя порами, имеющими разный диаметр, и т. д. Сложные апертуры иногда бывают представлены тремя совмещенными апертурами, например, бороздой, на которой располагаются две оры (диоровые борозды).

При описании сложных апертур в настоящее время принято использовать два термина «эктоапертура» и «эндоапертура». Эктоапертура (ektoapertura) — апертура в эктэктине — внешняя апертура. Эндоапертура (endoapertura) — апертура в эндэктине — внутренняя апертура.

По месту расположения различают дистальные, проксимальные, глобальные, меридиональные, опоясывающие апертуры.

Основные типы простых апертур:

Борозда (*furrow*) — сильно вытянутая апертура, находящаяся в любом месте пыльцевого зерна, у которой отношение длины к ширине больше двух.

Сулькус (*sulcus*) — дистально расположенная борозда.

Кольцус (*colpus*) — меридионально расположенная борозда.

Лептома (*leptoma*) — сильно редуцированная борозда.

Трехлучевая борозда (*trilete furrow*) — разветвленная борозда.

Пора (*porus*) — округлая или почти округлая апертура, у которой отношение длины к ширине меньше двух.

Ободковая пора (*porus annularis*) — пора с приподнятым попервым краем экзины.

Открытая пора (*parorus*) — пора, на которой отсутствует экзина.

Псевдоапертура (*pseudoapertura*) — псевдопора, псевдоборозда, псевдолептома и т. д. — апертура, в которой нет специального места для выхода пыльцевой трубки.

Камерная пора (*porus vestibuli*) — пора, имеющая камеру, образованную раздвоением экзины.

Ора (*ora*) — пора, соединенная с апертурой другого типа и выходящая за пределы последней.

Щель (*fissura*) — центральная, продольная, проксимальная апертура, расположенная на тетрадном рубце. Однолучевая щель (*monolete fissura*) — неразветвленная, продольная, проксимальная апертура, расположенная на тетрадном рубце. Трехлучевая щель (*trilete fissura*) — разветвленная, сквозная, проксимальная апертура, расположенная на трехлучевом тетрадном рубце.

Хилум (*hilum*) — проксимальная округлая апертура, характерная только для спор некоторых мхов.

Руга (*rugae*) — глобально расположенная короткая борозда.

Некоторые дополнительные термины, употребляемые при описании апертур:

Ана (*ana*) — приставка, означающая наверху — на дистальной стороне. Может относиться к апертуре любого типа, центр которой находится на дистальном полюсе.

Ката (*cata*) — приставка, означающая внизу — на проксимальной стороне. Может относиться к апертуре любого типа, центр которой находится на проксимальном полюсе.

Панто (*panto*) — приставка, означающая равномерно по поверхности, может относиться к любому типу апертур.

Пери (*peri*) — приставка, означающая — по всей поверхности. Может относиться к любому типу апертур.

Мембрана — совокупность слоев спородермы, покрывающих апертуру.

Поровое кольцо (*annulus*) — область спородермы, окружающая пору и отличающаяся строением от остальной спородермы.

Оперкулюм, крышечка — легко спадающая часть спородермы, прикрывающая поровую мембрану.

Край апертуры может быть: бахромчатым, ровным, рваным, зазубренным, отчетливым, неотчетливым, волнистым и т. д. Конец апертуры (борозды, щели, руги и др.) может быть округлым, заостренным, разветвленным, неразветвленным, рваным, отчетливым, неотчетливым и т. д.

Синапертуры (*synapertur*) — слитые борозды, поры и другие апертуры.

Экзоапертура (*exsoaperture*) — наружная апертура или наружная часть сложной апертуры.

В зависимости от расположения апертур на поверхности в пыльцевом зерне выявляются участки:

Мезоаперкулюм (*mesoaperculum*) — участок между двумя соседними апертурами.

Апокольпиум (*apocolpium*) — межбороздный участок со стороны полюса.

Мезокольпиум (межбороздный) (*mesocolpium intercolpium*) — область между двумя соседними экваториальными (расположенными меридионально) бороздами.

Мезопориум (межпоровой) — область, ограниченная двумя соседними порами и их общими поперечными касательными.

Воздушные мешки — своеобразные образования, как правило, возникающие между эктэкзиной и эндэкзиной.

Происхождение и значение воздушных мешков рассматривается С. П. Вудхаусом, который приходит к выводу, что воздушные мешки в процессе эволюции не могли появиться как приспособление к ветроопылению, так как в этом случае прежде всего крупные пыльцевые зерна имели бы воздушные мешки, однако такой корреляции признаков не наблюдается.

По нашим наблюдениям, воздушные мешки так же, как и складки в нестолбиковой эктэкзине, эфедры, вельвитчии, представляют собой своеобразные полости, благодаря которым может увеличиваться в объеме цитоплазма пыльцевого зерна. В качестве летательного аппарата они, по-видимому, были использованы вторично.

Полости в спородерме, ничего общего не имеющие с летательным аппаратом, вероятно, неоднократно появлялись в процессе эволюции растений у пыльцевых зерен, имеющих толстую, негибкую экзину. Чрезвычайно специализированный тип таких полостей представляют воздушные полости пыльцевых зерен представителей порядка *Asterales*. У этих насекомоопыляемых растений, преимущественно ксерофитов, развивается мощная многоэтажно-столбчатая эктэкзина, которая в силу своей толщины представляет собой негибкую оболочку, и изменение объема цитоплазмы пыльцевого зерна в этом случае может происходить только за счет воздушной полости.

Дж. Доул считает, что воздушные мешки необходимы для правильной ориентации пыльцевого зерна на поверхности прорастания. Происхождение мешковых пыльцевых зерен от безмешковых

следует, очевидно, рассматривать как развитие экзины, но не как возникновение структурно нового признака.

Воздушные мешки в эволюции растений возникали, по-видимому, неоднократно. Из работ В. Г. Чалонера известно, что они имелись у некоторых плаунов и были обнаружены у семенных папоротников. Особенно характерны они для кордаитов, а также ископаемых и современных хвойных.

Обычно выделяют пыльцевые зерна с мешками (*saccate*) и без мешков (*assacate*), двумешковые (*bisaccate*, *disaccate*), одномешковые (*monosaccate*) и безмешковое пространство (*mesosaccium*) — промежутки между мешками.

Рисунок поверхности. Существует два термина для обозначения рисунка поверхности пыльцевых зерен: «скульптура» и «текстура» [47]. Оба они появились в то время, когда палиноморфология использовала для своих исследований только световой микроскоп. Как известно, этот прибор позволяет изучать не только поверхность пыльцевых зерен и спор, но и оптическое сечение их оболочек. Рисунок поверхности, образованный разными скульптурными элементами, принято называть скульптурой пыльцевых зерен и спор. Рисунок внутреннего строения спородермы на разных уровнях ее продольного сечения называют текстурой.

С помощью сканирующего электронного микроскопа мы обычно изучаем скульптуру пыльцевого зерна, на сколах — внутреннее строение спородермы. Просвечивающий электронный микроскоп помогает исследовать на срезе скульптурные элементы и внутреннее строение спородермы и лишь серийные срезы позволяют обнаружить текстуру пыльцевых зерен и спор.

Скульптурные элементы и их типы. Поверхность спор и пыльцевых зерен складывается из различных скульптурных элементов, которые в сочетании формируют скульптурный тип.

Внешне сходный тип скульптуры может быть представлен разными слоями спородермы. Так, например, шипы в одном случае образуют не перекрытые покровом столбики, в другом — надпокровные элементы. У спор внешне одного типа скульптура может быть сформирована перинной или экзоспорием.

Основными скульптурными элементами являются (рис. 3):

Шип (*spina*) — остроконечный вырост, высота которого равна или меньше диаметра округлого в плане основания.

Конус (греч. *conus*) — остроконечный вырост, высота которого равна или меньше диаметра округлого в плане основания.

Бугорок (*tuberculum*) — уплощенный изодиаметрический или округлый вырост, высота которого равна или меньше ширины, а диаметр основания больше или равен вершине. Наименьший диаметр больше 1 мкм.

Бородавка (*verruca*) — уплощенный изодиаметрический или округлый вырост, высота которого равна или меньше вершины, а диаметр основания меньше вершины, причем переход от вершины к основанию плавный.



Рис. 3. Типы скульптурных элементов пыльцевых зерен и спор. По Н. Р. Мейер-Меликян (1986 г.)

1 — шипы, 2 — конусы, 3 — бугорки, 4 — бородавки, 5 — зерна, 6 — булавы, 7 — гребень, 8 — орбикулы, 9 — столбики, 10 — волоски, 11 — извилины, 12 — сосочки, 13 — звезды, 14 — желоба, 15 — пилы, 16 — вздутая, 17 — сложная скульптура: а — бугорчато-зернистая, б — бугорчато-шиповатая, в — бугорчато-звездчатая

Булава (*clava*) — скульптура, которую образуют только столбики, имеющие шаровидную головку и не перекрытые покровом.

Зерно (*grana*) — уплощенный изодиаметрический или округлый вырост, высота которого равна или меньше ширины, а диаметр основания больше или равен вершине. Наибольший диаметр меньше 1 мкм.

Морщинка (*rugula*) — плосковершинное или слегка закругленное поднятие с вытянутым изогнутым основанием, длина которого по крайней мере в два раза больше ширины.

Ячейя (лакуна — *lacuna*) — многоугольное или округлое углубление, диаметр которого превышает расстояние между двумя соседними ячейками.

Ямка (*ovea*) — более или менее округлое углубление, диаметр которого меньше расстояния между двумя соседними ямками.

Стенка ячеей, или межлакунная стенка (*trig*) — приподнятая в виде сети поверхность, отделяющая ячеей друг от друга.

Стенка струи (вал, valla) — приподнятая поверхность, отделяющая струи.

Ребро (costa) — закругленное или остроконечное поднятие с ровным более или менее неизогнутым основанием, длина которого в несколько раз превышает ширину. Ребра часто располагаются параллельными рядами от полюса до полюса.

Гребень (liga) — закругленное или остроконечное поднятие с изогнутым основанием, длина которого по крайней мере в два раза больше ширины.

Краевой гребень (list, marginal ridgo) — закругленное или остроконечное поднятие с неизогнутым основанием, целиком опоясывающим спору или пыльцевое зерно.

Извилина (vemivula) — вытянутое, узкое, извилистое углубление, образованное неправильно расположенными ячейками, не образующими определенного узора.

Струя (stria) — плосковершинное, вытянутое узкое поднятие с прямым основанием.

Орбикула (orbicula) — округлое образование тапетума, которое прилипает к оболочке споры — редко пыльцевого зерна, обычно не формируя равномерного покрытия. У семенных растений орбикулы часто образуются в полости пыльника, не принимая участия в образовании спородермы. У папоротникообразных и наиболее примитивных семенных растений орбикулы переносят большие массы спорополленина к развивающимся спорам или микроспорам.

Мешок (sacca) — сильное вздутие эктэксины, приуроченное к строго определенным местам спородермы, заполненное воздухом или рыхло расположенными структурами эндэксины.

Лезура (laesura) — рубец, оставленный на поверхности спор от сочленения с тремя сестринскими спорами, тетрады.

Волосок (capilla) — значительно удлиненный вырост, сужающийся к вершине.

Сосочек (papilla) — значительно удлиненный вырост с закругленной вершиной, сужающейся к основанию.

Пила (pila) — длинный вырост с слегка раздутой, закругленной вершиной; столбик (columella, bacula) — цилиндрический выступ с уплощенной верхушкой, округлым основанием и высотой больше диаметра — основной структурный элемент эндэксины покрытосеменных растений. В случае, когда над столбиками отсутствует покров, они образуют скульптуру пыльцевого зерна. Столбик может быть простым (columella simplex) не разветвленным и разветвленным, пальчатовидным (columella digitata).

Желоб (canalicula) — вытянутое, узкое, прямое углубление.

Отверстие (foramina) — выход наружу канала, пронизывающего экзину.

Звезда (stela) — разветвленный вырост.

Вздутие (tumor) — полный выступ перины, обычно крупный, от 10 мкм и более.

Висциновые тяжи — длинные гибкие нити, непосредственно продолжающие экзину. Висциновые тяжи образуются только на проксимальной поверхности пыльцевых зерен. Из ряда работ зарубежных исследователей известно, что наибольшую длину 2000 мкм и ширину 0,04—4,0 мкм они имеют у представителей семейства *Onagraceae*, *Fricaceae*; в других семействах они меньше. Висциновые тяжи характерны также для некоторых орхидных. Они сцепляют пыльцевые зерна друг с другом при биотическом способе опыления.

Элатеры (*elater*) — своеобразные нити, обладающие гигроскопичностью, способствующие распространению и прорастанию спор группами. Характерны для хвощей.

Основные типы простой скульптуры пыльцевых зерен и спор: столбиковая (*columellate*) — скульптура образована нерасширяющимися, нерасцепленными цилиндрическими столбиками; булаво-видная (*pilate*) — скульптура образована булавовидно расширенными столбиками; разветвленно-столбиковая (*columellate digitate*) — скульптура образована разветвленными столбиками; сетчатая (или ячеистая *reticulate*) — скульптура образована ячейками и разделяющими ячеек стенками; дырчатая (*foraminate, perforate*) — этот тип скульптуры связан с образованием каналов, проходящих через экзину; поверхность гладкая (*psilate*) — не имеющая скульптуры, шиповатая (*echinate*), конусовидная (*conate*), бородавчатая (*verrucate*); гранулярная (*granulate*), волосистая (*capitate*), пилистая (*pilate*), зернистая (*granulate*), гребенчатая (*cristata*), морщинистая (*rugulate*), ребристая (*costate*), ямчатая (*foveate*), струйчатая (*striate*), извилистая (*vermiculate*), сосочковая (*papillate*), звездчатая (*stellate*), орбикулярная (*orbiculatae*).

Все перечисленные выше типы скульптуры образованы соответственно шипами, конусами, бородавками и т. д.

В каждом типе выделяются подтипы, которые характеризуются определенными размерами и характером распределения скульптурных единиц. Так, выделяются крупно- (высота или ширина скульптурных единиц от 2 микрон и более), мелко- (высота или ширина менее 2 микрон до 0,5 микрон), ультра- (от 0,5 микрон и меньше) скульптурные единицы. Например, крупношиповатая, мелкошиповатая, ультрашиповатая или крупноямчатая, мелкоямчатая, ультраямчатая.

Кроме того, в пределах каждого типа скульптуры наблюдаются различия по характеру распределения и взаимоотношения скульптурных элементов на поверхности пыльцевых зерен и спор. Так, Дж. Р. Прагловский в пределах сетчатого типа поверхности выделяет пять подтипов: 1) стенки сети, составленные несоединяющимися снаружи столбиками, 2) столбики, сливающиеся снаружи, но сплошного покрова не образующие, 3) сеть, составленная столбиками, имеющими на концах булавовидные утолщения, 4) столбики, сверху сливающиеся, образуют сплошной покров, 5) пыльцевые зерна субткательные, некоторые столбики, объединяющиеся в единый ствол. В 1973 г. Дж. Р. Прагловским и Д. Д. Пан-

том был выделен еще один подтип — «Microreticulate exine» — для экзины, имеющей мельчайший ретикулум с толщиной сети менее 1 мкм и диаметром углублений также менее 1 мкм.

По характеру распределения скульптуры различают равномерно и неравномерно скульптурированные поверхности. Нередки случаи, когда на пыльцевом зерне или споре имеется один тип скульптурных единиц, различающихся размерами. В этом случае к названиям основных типов скульптуры добавляется приставка «разно-». Так, разноморщинистая скульптура образована морщинами, имеющими разную ширину и длину. Термины: бородавчатая, шиповатая и другие означают, что все скульптурные элементы имеют одинаковые размеры и равномерно распределены по поверхности пыльцевого зерна или споры.

Многие пыльцевые зерна и споры имеют на поверхности разные скульптурные элементы, например шипы и бородавки, ячеи и бугорки, и т. д. Практически все скульптурные типы могут сочетаться друг с другом. Скульптура поверхности в этом случае определяется как шиповато-бородавчатая, сетчато-бугорчатая или мелкошиповатая — крупнобугорчатая, крупносетчатая — мелкобугорчатая и т. д.

Простая скульптура (Simple sculpture) — скульптура, представленная одним типом скульптурных элементов.

Сложная скульптура (complex sculpture) — скульптура, представленная разными типами скульптурных элементов.

Текстура. Как было сказано, текстура пыльцевых зерен и спор, выявляемая на оптическом сечении и соответствующая внутренней структуре слоев спородермы, меняется в пределах одного и того же пыльцевого зерна или споры. Поэтому с помощью светового микроскопа делают серию фотографий одного и того же пыльцевого зерна, устанавливая при этом на разных уровнях объектив. Следует отметить, что разнообразие ультраструктур оказалось большим, и нередко сходные на световом уровне структуры различимы по внутреннему строению. При описании текстуры используют термины, введенные в палиноморфологические описания задолго до использования электронной техники. Ниже приводится эта терминология и указываются ультраструктуры, которым эти термины соответствуют.

Внутреннее строение (infra-structure) — текстура — внутреннее строение слоев спородермы, создающее определенный рисунок в оптическом сечении.

Внутреннесетчатый (infra-reticulate) — сетчатый рисунок в оптическом сечении, создаваемый расположенными в виде сети столбиками или ячейками (альвеолами) энтакзины.

Внутриполосчатый (infra-striate) — полосатый рисунок в оптическом сечении, создаваемый столбиками или гранулами, расположенными параллельными рядами.

Внутриморщинистый (infra-rugulate) — зигзагообразный рисунок в оптическом сечении, создаваемый неравномерно располо-

женными столбиками, гранулами эктэкины или изгибами подстилающего слоя.

Внутриточечный (*infra-punctate*) — рисунок в оптическом сечении, представленный мелкими (до 1 мкм) отдельностями, более или менее равномерно расположенными. Этот рисунок создается столбиками, гранулами.

Внутризернистый (*infra-granulate*) — рисунок, в оптическом сечении представленный круглыми зернами с диаметром около 1 мкм и более, создается столбиками, гранулами экт- и эндэкины.

Внутрипокровный (*infra-TECTAL*) — рисунок, создаваемый в оптическом сечении структурами, расположенными между покровом и подстилающим слоем.

Основные морфологические типы пыльцевых зерен и спор. В зрелом состоянии пыльцевые зерна и споры обычно одиночны, однако для некоторых видов, родов и даже семейств высших растений характерно, что их пыльцевые зерна или споры остаются соединенными в диады, тетрады или более крупные образования, в которых число пыльцевых зерен или спор всегда кратное четырем. Особенно часто встречается «сложная пыльца» у представителей *Mimosaceae*, *Annonaceae*, *Hippocrateaceae*, *Ericaceae*, *Burmaniaceae*, *Caesalpinaceae*, *Orchidaceae*, *Vinaceae*, *Hydrostachyaceae*, *Asclepiadaceae*, *Onagraceae*, *Juncaceae*, *Euphorbiaceae*, *Monimiaceae* и др. Современные голосеменные характеризуются только одиночными пыльцевыми зернами, в то время как некоторые *Polypodiophyta* имеют тетрады спор. Тетрады современных растений имеют разнообразное строение. В одних случаях сохранению тетрады способствует слипание пыльцевых зерен их покровами (*Victoria*, *Typha*), в других — между пыльцевыми зернами образуются цитоплазматические тяжи (*bubbia*) или вокруг тетрады формируется общий слой, подобный эктэкине (*uncus*).

Диада (*dyas*) — представляет собой два неразъединившихся пыльцевых зерна. Типичные диады имеет шейхцерия.

Тетрада (*tetras*) представляет собой четыре неразъединившихся пыльцевых зерна или споры, образовавшихся из одного спорочита.

Полиада (*polias*) — нераспадающиеся скопления пыльцевых зерен, число которых всегда кратно четырем. Образуются в результате деления (2, 4, 8, 16 и т. д.) соседних спорочитов. Типичные полиады имеют *Mimosaceae* и *Hippocrateaceae*.

Поллиний (*pollinium*) — пыльцевые зерна одного пыльника, склеенные в общую массу. Поллинии характерны для семейств *Asclepiadaceae* и *Orchidaceae*.

Дисперсное пыльцевое зерно, спора — пыльцевое зерно или спора, обнаруженные вне спорангия.

Ложноодиночное пыльцевое зерно (псевдомонада) — тетрада пыльцевых зерен, из которых нормально развито только одно, а три редуцированы.

Массула (*massula*) — нераспадающиеся скопления микроспор некоторых водных папоротников.

Одиночные пыльцевые зерна и споры обычно различают по характеру и расположению на них апертур. Это наиболее существенный таксономический и функциональный признак.

Для мохообразных и папоротникообразных характерны проксимальные апертуры — однолучевые, трехлучевые щели. Многие мохообразные имеют проксимальную пору. Соответственно этому различают три типа спор: 1) проксимально-однолучевые (*monoletes*) — с одной неразветвленной щелью, 2) проксимально-трехлучевые (*triletes*) — с одной трехлучевой щелью, 3) проксимально-поровидные (*hilum*) — с одной округлой щелью.

Голосеменные растения характеризуются дистально расположенной, хорошо выраженной бороздой, редуцированной дистальной бороздой — лептомой, поровидной дистальной, также редуцированной апертурой. Пыльцевые зерна многих наиболее специализированных голосеменных не имеют апертур.

Существуют следующие типы пыльцевых зерен голосеменных: дистально-однобороздные (*sulcatus*), дистально-лептомные (*leptomus*), дистально-поровидные (*sulporatus*), безапертурные (*inaperturatus*).

Покрытосеменные имеют разные типы пыльцевых зерен и соответственно разнообразные апертуры. Перечислим лишь некоторые, наиболее распространенные из них.

Бороздные (*fugrow*) — пыльцевые зерна с одной или несколькими неразветвленными бороздами, расположенными в любом месте.

Многобороздные (*polycolpata*) — пыльцевые зерна с пятью и более бороздами, расположенными в любом месте.

Сулькатные (*sulcata*) — дистальнобороздные пыльцевые зерна с одной дистально расположенной бороздой.

Кольчатные (экваториально-бороздные) (*colpata*) — пыльцевые зерна с бороздами, расположенными по экватору.

Ругатные (*rugata*) — пыльцевые зерна с короткими бороздами, равномерно расположенными по поверхности.

Двубороздные (*difurrow*) — пыльцевые зерна с двумя бороздами, расположенными в любом месте.

Дисулькатные (*disulcata*) — пыльцевые зерна с двумя параллельными бороздами, расположенными на дистальной поверхности.

Дикольчатные (*dicolpata*) — пыльцевые зерна с двумя параллельными бороздами, центры которых расположены на экваторе и зерне.

Панкольчатные (*pancolpata*) — пыльцевые зерна с бороздами, равномерно распределенными по поверхности.

Гетерокольчатные (*geterocolpata*) — пыльцевые зерна с экваториальными бороздами, имеющими разную длину, ширину или форму, центры которых расположены на экваторе пыльцевых зерен.

Трикольпатные (*tricolpata*) — пыльцевые зерна с тремя бороздами, центры которых экваториально расположены.

Скрытобороздные (*criptocolpata*) — пыльцевые зерна с бороздами, присутствие которых можно обнаружить только на срезах или в оптическом сечении.

Спиральнобороздные (*spirocolpata*) — с бороздой, огибающей пыльцевое зерно в два или три оборота.

Зоносулькатные (*zonosulcata*) — борозда целиком охватывает пыльцевое зерно по экватору, деля его на два полушария.

Поровые (*porata*) — пыльцевые зерна с одной или несколькими порами.

Многoporовые (*polyporata*) с пятью порами и более.

Одноporовые, двупоровые, трехporовые и т. д. пыльцевые зерна с одной, двумя, тремя и т. д. порами.

Панпоратные (*panporata*) — пыльцевые зерна с порами, равномерно распределенными по поверхности.

Гетеропоратные (*heteroporata*) — пыльцевые зерна с порами, имеющими разные размеры, форму, дно поры и т. д.

Скрытоporовые (*criptoporata*) — пыльцевые зерна с порами, присутствие которых можно обнаружить только на срезах или оптическом сечении.

Безапертурные (*inaperturata*) — пыльцевые зерна без апертур.

Бороздно-pоровые (*colporata*) — пыльцевые зерна, у которых на бороздах имеются поры.

Бороздно-оровые (*colporata*) — пыльцевые зерна с бороздами, на которых имеются апертуры-оры, выходящие за пределы борозд.

Типов пыльцевых зерен, обладающих сложными апертурами, довольно много, это и многобороздно-pоровые, многобороздно-оровые, гетеробороздно-pоровые и другие.

Спородермы оболочек спор и пыльцевых зерен. Спородерма представляет собой сложную, весьма специализированную оболочку, состоящую из многих слоев и структурных элементов, имеющих самостоятельное происхождение и развитие в онтогенезе растения. С помощью светового микроскопа наблюдаются лишь некоторые, наиболее общие признаки строения спородермы, вся совокупность слоев и их структурные особенности выявляются лишь в электронных микроскопах. Строение спородермы — наиболее постоянный признак, имеющий существенное значение, особенно при видовых определениях ископаемых пыльцевых зерен и спор и при таксономических построениях.

Несмотря на многообразие структуры спородермы, характерной для определенных групп высших растений, имеются некоторые общие закономерности как в способе ее формирования, так и в морфологическом строении.

Еще Ф. Е. Фритче в оболочке пыльцевого зерна выявил четко разграниченные два слоя — экзину и интину. Эти же слои, как выяснилось несколько позже, характерны для спор, обычно их соответственно называют экзоспорий и эндоспорий.

Экзина (экзоспорий) развивается у большинства растений и отсутствует только у тех из них, которые цветут и опыляются под водой.

Существенным оказалось появление в процессе эволюции у растений разных слоев экзины, которые обычно называют эктэксиной (ectexina) и эндэксиной (endexina). Впервые эти термины были предложены Р. Потонье. Довольно распространена также схема Г. Эрдтмана (1952 г.), согласно которой в экзине различают сэксину (sexina), в состав которой входят покров и столбики, и нэксину (nexina), к последней относят подстилающий слой и ниже расположенные структуры экзины. Однако эта схема применима только к одному — столбиковому типу экзины цветковых растений. Надо отметить, что схемы строения экзины появились до проведения электронно-микроскопических исследований, позволивших выявить большое многообразие типов спородермы, т. е. в то время, когда столбики считали основным структурным элементом экзины и еще не было сведений о формировании слоев спородермы. Д. А. Ларсон, Дж. Скварла и С. В. Левис в 1962 г. впервые на основе электронно-микроскопических исследований зрелой спородермы пришли к заключению о правильности деления экзины на экт- и эндэксину. К этому же выводу приходит Дж. Уолкер в 1974 г. Такое разделение спородермы соответствует всем выявленным в настоящее время типам и согласуется с результатами исследования развития спородермы. Покров, столбики и подстилающий слой, выявляемые в эктэксине, представляют единую структуру, все части которой связаны между собой, имеют общее происхождение, одинаковую электронную плотность и однородный химический состав. Таким образом, отнесение подстилающего слоя к эндэксине (нэксине) неправильно.

Дж. и А. Уолкер [47] предлагают ввести новый термин для обозначения слоя или зоны экзины, расположенных между покровом и подстилающим слоем — «интерстайтум». Интерстайтум — промежуточный слой или зона, расположенная в экзине многих семенных растений между подстилающим слоем и покровом; может состоять из разных структурных элементов — столбиков, гранул, полостей.

Наиболее приемлемая стратификация спородермы представлена на рис. 4.

Экзина. Эктэксина — оболочка споры или микроспоры, сохраняющаяся на пыльцевом зерне как наружный слой экзины. Как правило, она твердая, плотная и обладает специфическими свойствами, отличающими ее от других слоев спородермы. Прежде всего следует отметить сложное, свойственное для видов

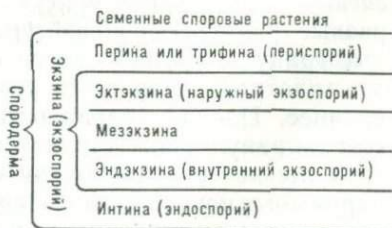


Рис. 4. Схема строения спородермы. По Н. Р. Мейер-Меликян (1986 г.)

морфологическое строение, своеобразные химические свойства, во многом зависящие от спорополленина, который, однако, является далеко не единственным химическим веществом, входящим в состав эктэкины. Для этой оболочки характерно то, что она всегда закладывается первой. Эктэкина благодаря своей прочности лучше других слоев сохраняется у ископаемых пыльцевых зерен, буреет при ацетолизной обработке, прекрасно контрастируется четырехокисью осмия и красится основным фуксином, слабо флюоресцирует.

Строение эктэкины весьма различно у разных растений. Наиболее просто этот слой организован у плаунов, хвощей, большинства эвспорангиатных папоротников. Здесь он гомогенный или ламеллярный, довольно плотный и редко пронизан каналами.

Гомогенную эктэкину имели и сохранили до настоящего времени наиболее древние семенные растения. Так, недифференцированная на слои гомогенная эктэкина обнаружена Т. Н. Тейлором в 1972 г. у пыльцевых зерен *Bennettitopsida*. Она характерна для некоторых современных *Cycadopsida*, (*Macrozamia*, *Encephalartos*), а также *Magnoliophyta* (*Degeneria*, *Eupomatia*) и *Annonaceae*. Некоторые специализированные цветковые растения имеют вторичную гомогенную эктэкину, возникшую в результате редукции столбиковой эктэкины.

Ячеистые структуры эктэкины, по-видимому, появились очень давно: уже корданты, а возможно, и некоторые семенные папоротники имели подобную эктэкину. Из современных голосеменных такая эктэкина характерна для большинства пыльцевых зерен представителей семейства *Pinaceae* и порядка *Cycadales*. Однако развитие ее в этих эволюционных линиях, очевидно, шло самостоятельно, в результате чего морфологически и по характеру заложения эктэкина хвойных значительно отличается от эктэкины цикадовых, у которых образуется удлинненно-ячеистая структура, характерная для представителей этого порядка.

Гранулярная структура эктэкины характерна для пыльцевых зерен представителей семейства *Araucariaceae* и некоторых *Pinaceae* (*Larix*, *Pseudotsuga*); морфологически гранулы араукариевых и хвойных различны. У *Pinaceae* все они более или менее одинаковых размеров и формы, в то время как пыльцевые зерна *Araucaria* и *Agatis* характеризуются сложными гранулами, имеющими разные размеры и конфигурацию. Обычно снаружи расположенные гранулы крупнее, часто слипаются между собой, образуя более плотный покров, в результате чего эктэкина оказывается прочнее. Плохая сохранность экины *Larix* объясняется прежде всего гранулярной структурой эктэкины, в которой отдельные гранулы не связаны между собой; здесь не образуется плотного наружного покрова, характерного для *Pseudotsuga*. По-видимому, спорово-пыльцевые диаграммы некоторых древних отложений не отражают существования большой группы ныне вымерших голосеменных, имевших гранулярную эктэкину. В семействе *Pinaceae* помимо гранулярной эктэкины также широко распространена

ячеистая; вероятно, эти структуры имеют общее происхождение. Постепенный переход гранулярного строения в ячеистое наблюдается у пыльцевых зерен видов *Tsuga*, у которых в области тела сохраняется гранулярная структура, а воздушные мешки образованы ячеистой эктэкиной. В спородерме представителей семейства Тахасеае, Таходиаеае, Сипрессаеае происходит значительная редукция эктэкины, в результате чего формируется вторичная однослойная гранулярная структура.

Столбиковая эктэкизна получила широкое развитие в разных эволюционных линиях Magnoliophyta. Столбики значительно различаются толщиной и расположением; у многих растений они соединены покровом, также имеющим разную структуру. Нередко у специализированных энтомофильных растений образуются два слоя столбиков. Наружный из них называют надпокровом [42].

Следует отметить, что часто внутреннее строение эктэкины настолько несходно, что даже виды одного рода можно различить по этому признаку.

В настоящее время наружный слой экины представителей семенных растений можно классифицировать следующим образом: 1) ectexina eolumellata — эктэкизна сплошная, недифференцированная, нестолбиковая (*Degeneria*, *Encephalartos*, *Macrozamia*), 2) ectexina columellata-tectata — эктэкизна столбиковая, покровная (большинство представителей покрытосеменных), 3) ectexina columellata-etectata — эктэкизна столбиковая, непокровная (*Lilium*, *Zygadenus*, *Anthericum*), 4) ectexina reticulata-textata — эктэкизна сетчатая (почти столбиковая) покровная (*Victoria*), 5) ectexina reticulata — эктэкизна сетчатая (почти столбиковая, *Nymphaea*), 6) ectexina granulata — эктэкизна гранулярная (*Larix*, *Pseudotsuga*, *Araucaria* — некоторые *Laugaceae*), 7) ectexina granulata-alveolata — эктэкизна гранулярно-ячеистая (*Tsuga*), 8) ectexina alveolata — эктэкизна ячеистая (*Pinus*, *Abies*, *Picea*), 9) ectexina elongata-alveolata — эктэкизна удлиненно-ячеистая (*Cycas*, *Ceratozamia*, *Stangeria*), 10) ectexina quasicolumellata — эктэкизна псевдостолбиковая (*Ginkgo*), 11) ectexina plicata — эктэкизна складчатая (*Ephedra*, *Welwitschia*).

Эндэкизна у пыльцевых зерен многих растений образуется только в области апертур и нередко, сливаясь с подстилающим слоем, становится плохо различимой. Известны растения, у которых не образуется непрерывного подстилающего слоя и элементы эндэкины смешиваются с эктэкиной. Для многих покрытосеменных растений характерна двуслойная эндэкизна. Так, например, у *Ambrosia artemisioides* Meyer et Walp. эндэкизна в верхней части крупноламеллятная, а в нижней — плотная, голая. Для всех голосеменных характерна ламеллятная эндэкизна — endexina lamellata. Эндэкизна особенно разнообразна у покрытосеменных. У них мы обнаруживаем следующие типы этой оболочки: 1) endexina lamellata — эндэкизна ламеллятная (многие *Asteraceae*), 2) endexina quasilamellata — эндэкизна псевдоламеллятная (*Banksia*), 3) endexina granulata — эндэкизна гра-

нулярная (*Victoria, Anthericum*), 4) endexina-homogena — эндэкзина гомогенная (*Trollius, Polygala*), 5) endexina reticulata — эндэкзина сетчатая (*Lilium, Anthericum*).

Подобно эктэкзине, эндэкзина пронизана каналами, в результате чего протопласт микроспоры имеет контакт с внешней средой.

Главные различия между эктэкзиной и эндэкзиной состоят во времени их появления в процессе формирования, а также в их взаимном расположении и природе предшественников спорополленина, идущих на построение этих слоев. Эктэкзина всегда закладывается первой под каллозой, на ее формирование расходуются мономеры спорополленина, поступающие из клеток тапетума. Эндэкзина состоит из отдельных, часто не связанных между собой структур, образуется под эктэкзиной на следующих стадиях развития микроспор или растворения каллозы. Идущий на ее построение спорополленин имеет меньшую электронную плотность, чем спорополленин эктэкзины. На образование эндэкзины расходуются предшественники спорополленина, образующиеся в цитоплазме микроспоры. Эндэкзина слабее, чем эктэкзина, окрашивается основным фуксином, иначе реагирует на некоторые растворители и имеет флуоресценцию.

Флуоресцирующая способность экзины, как установил в 1972 г. Н. Н. Вильямс, различна у растений разных таксонов и одинакова в пределах одного семейства. О химической природе эндэкзины существуют разные мнения. Большинство исследователей считают, что эндэкзина так же, как и эктэкзина, содержит спорополленин. Однако Дж. Форд в 1971 г. путем гистохимических анализов пришел к выводу, что эндэкзина имеет специфический лингинин, поставляемый цитоплазмой микроспоры, который, как и спорополленин, устойчив к ацетолузу. Н. В. Цингер, Т. П. Петровская-Баранова обнаружили в 1961 г. в эндэкзине белки. Мезэкзина чаще всего имеет гранулярную или производную от гранулярной структуру. Выявляются следующие ее типы: 1) mesexina granulata — мезэкзина гранулярная (*Gnetum, Ephedra, Welwitschia*), 2) mesexina elongata-granulata — мезэкзина удлиненно-гранулярная (*Macrozamia*), 3) mesexina reticulata — мезэкзина сетчатая (*Encephalartos*).

Перина. Существенное значение в жизни пыльцевого зерна и споры имеют спорополлениновые слои, развивающиеся над экзиной или экзоспорием. Они специфичны для определенных групп растений и особенно мощного развития достигают у спор.

Этот слой у семенных растений именуется периной. Фрагменты перины сохранились у некоторых голосеменных и выявляются у наиболее примитивных цветковых растений. Следует отметить, что для голосеменных характерен лишь один орбикулярный тип перины. Перина формируется в результате деятельности клеток тапетума. Распределение перины по поверхности эктэкзины (экзоспория) обычно осуществляется без строгой закономерности, что особенно четко наблюдается на пыльцевых зернах представителей

Pinophyta, у которых перина не образует сплошного покрова. Перина, особенно передупцированная, у семенных растений свидетельствует о чрезвычайной их примитивности.

Орбикулы без внутренней структуры и скульптуры более примитивны, чем орбикулы, обладающие шипами, бугорками и прочими скульптурными элементами, а также имеющие каналы и слои спорополленина с разной электронной плотностью. Простые орбикулы неопределенного размера, принимающие участие в построении перины, наиболее примитивны.

На пыльцевых зернах примитивных покрытосеменных иногда образуются наплывы спорополленина, имеющие неопределенную форму и размеры.

Трифина. Для большинства пыльцевых зерен цветковых растений характерно развитие специфического наружного слоя спородермы — трифины (trifine). Л. А. Куприянова именуется этот слой слоем Афзелиуса; его часто называют пыльцевым цементом («Pol-lenkit»). Трифина разрушается при ацетолизной и щелочной обработках. Этот слой топографически несколько соответствует перине, однако он выполняет совершенно иные функции, связанные с процессом опыления, а находящиеся в нем вещества ответственны за успешное прорастание пыльцевой трубки на рыльце растения того же вида. Кроме того, этот слой как по способу формирования и структуре, так и по химическому составу не гомологичен перине; это принципиально новое образование, свидетельствующее о наиболее высоком уровне развития современных цветковых растений. Как показали исследования Х. Панкова, трифина представляет смесь разных масел и каротиноидов и легко разрушается под действием липидных растворителей. По мнению Н. Дикинсона и С. В. Левис (1973 г.), трифина состоит из волокнисто-зернистого белкового и липидного материала. Электронно-микроскопические исследования показали, что трифина может иметь ламеллярное и гранулярное строение.

Интина чрезвычайно важна для жизнедеятельности пыльцевых зерен, однако по морфологической структуре этот слой, как известно, относительно однообразен и так же, как и трифина, не сохраняется у ископаемых пыльцевых зерен.

Интина имеется у всех пыльцевых зерен. Она может быть однослойной и двуслойной. Наружную интину еще со времен Ф. Е. Фритче именуют эксинтиной (exintina), а внутреннюю — эудинтиной (eudintina). Наружная интина плотная и может сохранять форму пыльцевого зерна.

У покрытосеменных интина особенно развита в области апертур. В этом месте нередко формируется специальное образование «Zwischenkorper», играющее роль в механизме прорастания и сбрасывающее крышечки с поверхности апертур.

В интине часто выявляются каналы, через которые протопласт пыльцевого зерна сообщается с каналами экзины, кроме того, в этом слое нередко имеются мембраны, по электронной плотности сходные с плазмалеммой. Новейшие исследования показали,

что во многих случаях в результате значительной редукции экзины интина полностью или частично выполняет ее функции и может иметь довольно сложное строение.

Тапетум (лат. *tapetum*) — самый внутренний, выстилающий слой стенки пыльника или спорангия, непосредственно соприкасающийся со спорофитами, микроспорами, а затем спорами и у семенных растений пыльцевыми зернами. Клетки тапетума одно-, дву- или многоядерны, с густой цитоплазмой, содержат ферменты, гормоны, витамины, белки, жиры, крахмал и другие вещества. Они идут на питание спор и пыльцы. Тапетум бывает секреторным (железистым) и амебoidalным (переплазмодийным). Цитоплазма секреторного тапетума рано теряет свою структуру, в то время как оболочки этих клеток не растворяются. У амебoidalного тапетума растворяются оболочки, а цитоплазма, сливаясь в общую массу, располагается между спорами, сохраняя жизнедеятельность своих структурных компонентов.

СИСТЕМАТИКА, ТАКСОНОМИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ИСКОПАЕМЫХ СПОР И ПЫЛЬЦЫ

Особого Кодекса палеоботанической номенклатуры, в котором бы содержались сформулированные принципы, правила и советы, специально для палеоботаников, и в частности палинологов, не существует. Между тем, в связи с бурным развитием палеоботанических исследований за последние десятилетия накопился (и накапливается) огромный фактический материал по различным группам ископаемых растительных остатков (листья, фитолеймы, плоды, древесина, споры, пыльца и др.). Результаты изучения их широко используются и в биостратиграфии, и в палеогеографии, и в решении проблем, связанных с эволюцией флоры, систематикой и филогенией.

Ископаемые растения обычно сохраняются в виде разобщенных, фрагментарных остатков. В мезозойских и палеозойских местонахождениях эти остатки большей частью относятся к видам, родам (а иногда к семействам), уже вымершим на земном шаре. Реконструкция целых экземпляров растений поэтому чрезвычайно затруднительна. Следовательно, особенно необходима строжайшая систематизация ископаемого материала, основанная на морфологических внешних признаках и на особенностях их тонких структур.

Ископаемые споры и пыльца представляют собой интерес как палеонтологические (палеоботанические) объекты, так как дисперсные их остатки сохраняются не в виде фрагментов, а в виде целых форм. Сохранившиеся оболочки спор и пыльцы являются носителями генетически обоснованных признаков принадлежности виду, роду, семейству и более высоким таксонам. Поэтому в том случае, если ископаемые споры или пыльца принадлежали к уже вымершим растениям, морфология их оболочек является свидетельством эволюционного уровня растений, которым они принад-

лежали в прижизненной фазе. Сведений о морфологии самого продуцента (растения) пыльца и споры не содержат. Эти сведения извлекаются из данных, полученных при изучении макроскопических остатков растений или по аналогии с продуцентами современных видов. Вид ископаемого растения может быть реконструирован с помощью объединения всех его органов (или большинства их), что служит основанием для установления его жизненной формы и требований к условиям обитания в прижизненной фазе.

При изучении ископаемых спор и пыльцы, сохранившихся в послепалеогеновых отложениях (и даже в позднепалеогеновых), и определении их систематической принадлежности имеется возможность прибегать к сравнительным коллекциям пыльцы и спор современных родов и видов растений. Поэтому «молодые» палинофлоры обычно представляются родами и частично видами, принятыми в естественной системе классификации.

В определении систематической принадлежности компонентов более древних палинофлор приходится прибегать к наименованиям соответствующих морфологических систем. За последние 30 лет, в течение которых более десяти раз созывались международные ботанические конгрессы, было выпущено в свет девять Международных кодексов ботанической номенклатуры, содержащих правила, советы и рекомендации для ботаников, в том числе и палеоботаников. Опубликованные номенклатурные типы различного ранга охраняются Кодексом ботанической номенклатуры. Но это правило относится только к номенклатурным типам, относящимся к таксонам естественной системы классификации и таксонам видового и родового ранга ископаемых.

В каждом из последующих выпусков Кодекса имеются пункты, вокруг которых возникают дискуссии, относящиеся в основном к ископаемым растениям, а также их спорам и пыльце.

Такое положение создалось по поводу понятия о таксономических рангах (форм- и орган-таксонов) для ископаемых растительных остатков. До выхода в свет Международного кодекса ботанической номенклатуры (1974 г.) в предыдущих Кодексах содержались разъяснения о причине необходимости введения для ископаемых растительных остатков двух типов таксонов — орган-род (род по органу — *organo-genus*) и форм-рода (*forma-genus*), установленных также по органу.

Эти таксоны рекомендовались для классификации и, естественно, установления номенклатурных типов для всех дисперсных фрагментарных остатков ископаемых растений.

Однако по мере накопления фактического материала и аналитического подхода к его систематизации, возник вопрос, связанный с неясностью соотношения между орган- и форм-таксонами. Часть исследователей придерживалась мнения о том, что орган-род — это таксономическая единица, на основании которой может быть установлено семейство (естественной системы); часть была несогласна с ними, считая, что орган-вид и соответственно орган-

род являются таксонами палеонтологическими, т. е. относящимися к тем органам (листья, семена, пыльца, споры, древесина и т. д.), на основании которых эти виды (роды) установлены. Отнесение орган-таксонов к семействам естественной системы в значительной степени условно и в основном базируется на предположении исследователя, что морфологические признаки ископаемых (орган-родов) позволяют не только относить их к известным семействам, но и устанавливать ранее не известное семейство растений.

Определение форм-таксонов большинством палеоботаников не вызывало дискуссий, так как эти таксоны (*forma-genus*) подчинялись таксонам более высокого ранга морфологически обоснованных систем классификации.

В Международном кодексе ботанической номенклатуры (1974 г.) и последующих Кодексах, которые созданы специальными комиссиями во время работы конгрессов, пока еще не опубликованных в русском переводе, ранее «узаконенный» таксон-род по органу (*organo-genus*) исключен.

Однако было бы нелепо отказываться от определения места в естественной системе тех видов дисперсных растительных остатков, среди которых дисперсные споры и пыльца сохраняются не в виде фрагментов, а в виде полностью сохранившихся спорополенинов оболочек. Последние же несут признаки вида и рода и более высоких таксонов растений продуцентов (частично вымерших, частично существующих в современной флоре Земли).

Тем не менее ученые постепенно приходят к единому мнению относительно того, что в принципе все виды дисперсных растительных остатков (орган-виды и форм-виды) являются видами «палеонтологическими» (в нашем случае палинологическими), а не видами растений. Но в то же время, если принадлежность вида пыльцы или спор к известному роду растения современной (или древней) флоры доказуема, в его наименовании это должно быть отражено, т. е. нет нужды относить виды ископаемой пыльцы или спор к формальным родам (*forma-genus*), если принадлежность ее по всем морфологическим признакам к роду, а следовательно, и семейству естественной системы, очевидна.

Таким образом, орган-вид (палинологический вид) — это пыльца или споры вида растения, относящегося к известному во флоре роду.

Другое дело — вид пыльцы, который по морфологическим признакам не может быть отнесен к известному в естественной системе роду. На основании комплекса устойчивых морфологических признаков, свойственных только этому форм-виду, не находящему «хозяина» среди известных в естественной системе родов, этот вид (*forma-species*) может послужить типом рода (генотипом) для установления формального рода (*forma-genus*). От формального рода будут образовываться бинарные названия всех форм-видов, относящихся к нему (*Nudopollis terminalis*, *Nudopollis minutus*, *Nudopollis thieergartii*, *Nudopollis nudus* и т. д.). Эти формальные виды (виды пыльцы покрытосеменных) относятся к

forma-genus *Nudopollis* Pfl., а род *Nudopollis* (до тех пор, пока не появится достаточно доказательств о принадлежности его к какому-либо семейству или более высокому таксону естественной системы растений) со всеми его видами должен быть помещен в филогенетической системе классификации в класс покрытосеменных (*Angiospermae*). В настоящее время наиболее разработанной является система Пфлюга. Согласно этой системе форм-рода *Nudopollis* относится к системе *Normapolles*. Положение этого форм-рода до тех пор, пока не будут обнаружены ископаемые растения — продуценты, в естественной системе ограничивается только признанием принадлежности его к классу покрытосеменных (*Angiospermae*).

Восстановление недостающих звеньев в общем филогенетическом ряду не может происходить на основании аргументов — «похоже», «имеет сходство» и т. п. Переход от формальных видовых таксонов к таксонам естественной системы требует серьезных доказательств.

Большую помощь в восстановлении естественной близости ископаемых остатков растений вносит изучение спор из прикрепленных к продуценту спорангиев или пыльцы из прикрепленных к продуценту пыльников.

Надо полагать, что в восстановлении филогенетического древа для флоры фанерофита одним из наиболее надежных элементов являются ископаемые оболочки спор и пыльцы как носители наиболее устойчивых генетически закрепленных признаков таксонов. Никакие воздействия внешней среды (почвенный субстрат, температурные параметры, влажность, ветровой режим и др.) не влияют на развитие спор или пыльцевых зерен, находящихся в защищенном состоянии в процессе развития.

Поэтому особое внимание при филогенетических исследованиях необходимо сосредоточить на тщательном поиске и последующем изучении спор и пыльцы «in situ» параллельно с исследованием процесса формирования спор и пыльцы современных высших растений, сопровождающихся применением электронной микроскопии.

Таким образом, не оставляя стремления ввести в естественную систему подавляющее большинство ископаемых остатков растений (в том числе и пыльцу, и споры), следует в процессе работы использовать две классификационные системы: 1) морфологическую, в которой форм-вид принадлежит форм-роду и в которой дальнейшая иерархия соподчиненных таксонов независима от естественной системы, и 2) естественную классификационную систему, в которой иерархические соподчинения согласно всем Кодексам ботанической номенклатуры едины (вид, род, семейство и т. д.).

Вид, установленный по органу, даже в том случае если установлено, к какому роду естественной системы этот вид принадлежит (пример — *Myrica galeaeformis* sp. nov. является видом органа, но не видом самого растения).

Практика исследования показала, что при изучении молодых (послепалеогеновых, а иногда и позднепалеогеновых) палинофлор подавляющее большинство ископаемых пыльцы и спор находят место в естественной системе. Этому в значительной степени способствует возможность использования сравнительной коллекции спор и пыльцы растений современной флоры. Но даже при изучении ископаемых пыльцы и спор, сохранившихся в молодых осадочных отложениях, необходима осторожность. Хотя бы уже потому, что ни в одной из лабораторий нет полной коллекции пыльцы и спор современных растений мира. Формы, обнаруженные в составе палинологических комплексов, извлеченных из молодых отложений, и в принадлежности которых к видам или родам, известным в современной флоре, появляются сомнения, требуют использования либо открытой номенклатуры, либо отнесения их к группе так называемых форм-таксонов (*Triatriopollenites myricoides*), что может рассматриваться в качестве промежуточного этапа. Большая часть форм-таксонов впоследствии может быть переопределена и включена в один из таксонов (род, семейство) естественной системы растений.

Следовательно, номенклатура ископаемой пыльцы или спор неогеновых и частично позднепалеогеновых флор чрезвычайно разнообразна. Например: *Betula verrucosa* (пыльца, морфологические особенности которой доказывают принадлежность ее к растениям ныне существующего вида), *Betula* cf. *verrucosa* (открытая номенклатура, «cf.» — conformis — имеет близкое сходство), *Betula* aff. *verrucosa* (открытая номенклатура, «aff.» — родственна известному в современной флоре виду), *Betula turgaica* sp. nov., *Betula spinata* sp. nov. (палинологические виды, безусловно относящиеся к растениям рода *Betula*), *Betulites hexaporatus* gen. nov. sp. nov. (новый орган-род, новый вид по органу) — исследователь может установить новый вид по органу, предполагая, что этот вид принадлежит растению из семейства Betulaceae, видимо, близкому к роду *Betula*, так как родовые признаки пыльцы указывают на эту близость. Однако иногда в наименовании рода, номенклатурного типа нового вида, с помощью окончания «ites» сообщают, что новый вид *B. hexaporatus* принадлежит ископаемой пыльце растения, относящегося к роду *Betula* (*Betulites* — сокращение от *Betulaepollenites*).

И, наконец, в том случае, когда исследователь обнаруживает в комплексе ископаемой пыльцы и спор такую форму, для которой он не может найти надежных морфологических признаков, сближающих ее с пыльцой (или спорами) растений современной флоры, он придает ей наименование согласно ее морфологии. Например, *Trivestibulopollenites palaeogenica* (трехкамерно-поровая пыльца, характерная для палеогена) — такой номенклатурный тип является единицей, относящейся к формальному роду *Trivestibulopollenites*. При морфологическом описании формального таксона должна быть указана его принадлежность к подгруппе (subturma) принятой морфологической системы классификации.

При дальнейших исследованиях совершенно не исключается возможность перевода этих форм-рода и форм-вида в естественную систему.

Многие исследователи при массовых анализах молодых флор не занимаются установлением новых видов, и в палинологических списках в случае затруднений с определением видовой принадлежности пыльцы (спор), ограничиваются отнесением форм к известному семейству, помечая в скобках, что принадлежность к роду и виду этого семейства им не установлена. Например: *Cheporodiaceae* (gen. et sp. indet.). Еще более осторожный исследователь выражает неуверенность в определении систематического положения обнаруженной формы, отнеся ее к морфологическому форм-роду *Polyporates*. Если ископаемая форма не имеет морфологических признаков, сближающих их с таксонами, известными в естественной системе растений в ранге вида, рода, семейства, то форма классифицируется в формальной системе и в номенклатуре ее наименование используется название форм-рода.

Вынужденная необходимость прибегать в определительской работе к двум классификационным системам особенно распространена при исследовании раннекайнозойских и мезозойских палинофлор, среди представителей которых были уже вымершие растения и имевшие отдаленное сродство с современными таксонами высокого ранга.

В 1939 г. была опубликована морфологическая классификационная система пыльцы и спор из углей СССР, составленная С. Н. Наумовой. В те годы была принята наиболее совершенная классификационная система, разработанная до рангов группы и подгруппы раннего мезозоя и палеозоя. В дальнейшем эта система была доработана, расширена введением родовых таксонов. К сожалению, новый вариант не опубликован. Однако за рубежом уже к концу 50-60-х годов была разработана и опубликована морфологическая классификационная система Р. Потонье, который совместно с Г. Кремпом переписал многие ранее опубликованные таксоны и ввел их в ранг соподчиненных таксонов от надгруппы (*Anteturma*) до форм-вида (*forma-species*). Многие таксоны, установленные С. Н. Наумовой во флорах палеозойских и мезозойских углей СССР, вошли в эту систему.

В 1966 г. вышла в свет работа коллектива авторов ВСЕГЕИ — «Палеопалинология», т. 1, в которой был предложен новый вариант классификационной системы, иллюстрированной изображениями основных морфологических типов пыльцы и спор.

За последние 50 лет было установлено множество новых родов и видов ископаемых пыльцы и спор, различных формальных таксонов, не связанных с системой С. Н. Наумовой, Р. Потонье и Г. Кремпса, в литературе появилось огромное число синонимов, что стало чрезвычайно тормозить обоснование стратиграфических схем, основанных на палинологической корреляции. Поэтому Р. Потонье было предпринято создание специальных синопсисов.

Сопоставление подробных справочников-синопсисов по ключевым таксонам пыльцы и спор необходимо.

Как известно, флора позднего мела и раннего палеогена была освещена очень слабо. Происходило это из-за того, что огромное число ископаемой пыльцы покрытосеменных, сыгравших основную роль в раскрытии эволюционных этапов флоры раннего кайнофита, долгое время оставалась неклассифицированной и упоминалась в группе так называемых «неопределенных покрытосеменных». В 1953 г. Х. Пфлюгом, Д. Томпсоном была создана морфологическая классификационная система для ископаемой пыльцы. В системе была выдержана схема соподчиненных таксонов, предложенная Р. Потонье (формальный род, подгруппа, группа, надгруппа).

Одновременно в том же 1953 г. Х. Пфлюг, занимаясь специально изучением пыльцы покрытосеменных позднего мезозоя — раннего кайнозоя, создал отдельную классификационную систему для ископаемой пыльцы этого класса растений, исключительно быстро эволюционировавших и оставивших после себя исключительно ярко морфологически выраженную пыльцу.

Классификационная система Х. Пфлюга 1953 г. строилась на морфогенетической основе. Он обосновал построение так называемых морфогенетических рядов, приняв за основу этих рядов эволюцию строения апертур.

подавляющее большинство советских и зарубежных исследователей, изучающих позднемезозойские и раннекайнозойские флоры, придерживаются морфогенетической классификационной системы Х. Пфлюга (несколько переработанной в 1967 г.). Особой популярностью в системе Пфлюга пользуются две последние системы — *Normapolles* и *Postnormapolles*, содержащие диагнозы пыльцы покрытосеменных, показывающих филогенетические связи с флорой покрытосеменных, известных ныне.

Ввиду того что таксоны выше ранга рода морфологических (и морфогенетических) классификационных систем не охраняются Кодексом ботанической номенклатуры, многими палинологами опубликовываются новые роды и виды без указания, какой системы они придерживаются.

Анализируя современное состояние классификации ископаемых растительных остатков, и в основном, конечно, спор и пыльцы, можно сделать вывод, что в этом вопросе еще много недоработанного и требующего серьезной ревизии. В основном эта ревизия должна быть направлена на пересмотр таксонов (ранги вида и рода), установленных по пыльце и спорам в соответствии с естественной системой растений. Современная техника микроскопии позволяет вскрыть тончайшие особенности в морфологии оболочек пыльцы и спор. На основании детального изучения установлено, что большее число палинологических родов и видов, определенных при изучении со световым микроскопом и при относительно малых увеличениях, не являются валидными.

Можно привести простой пример с определением систематической принадлежности длинноосной трехбороздной пыльцы. Эта огромная группа форм, характерная для пыльцы травянистых, кустарниковых и древесных растений в современной флоре. Обильна и разнообразна эта морфологическая форма пыльцы и в поздне меловой, и в палеогеновой палинофлорах. До тех пор пока не будет достаточно изучена трехбороздная длинноосная пыльца видов растений современной флоры, весьма рискованно в номенклатуре ее ископаемых видов прибегать к наименованиям, показывающим принадлежность к таксонам естественной системы.

Участие форм-видов форм-рода *Tricolpites* в палинокомплексах чрезвычайно важно для обоснования расчленения осадков и установления хронов в корреляции. Этому не препятствует ее систематизация в формальной системе. Отнесение же видов этой пыльцы к естественным таксонам может очень скоро привести к ошибкам.

Восстановление «недостающих» звеньев в филогенетических рядах высших растений — это безусловно одна из важнейших проблем палинологии, однако эти исследования требуют привлечения данных по изучению пыльцы и спор «in situ» с включением исследования содержаний пыльников и спорангиев современных растений на различных стадиях их развития. Но, не останавливаясь на этой проблеме фундаментальных исследований, следует сказать о том, что при установлении новых таксонов пыльцы и спор необходимо придерживаться правил, изложенных в соответствующих руководствах и инструкциях, и непременно приводить синонимию, посылить сокращая объем необоснованно расширенных родов и видов по органу форм-родов, учитывая, что число видов, установленных по различным органам, это еще не виды растения, а виды сохранившегося в ископаемом состоянии его органа.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ИСКОПАЕМЫХ СПОР И ПЫЛЬЦЫ

Создание единой филогенетической системы растений, включающей как ныне живущие, так и вымершие растения, представленные остатками их органов, находимыми в ископаемом состоянии — одна из основных задач, стоящих перед ботаниками и палеоботаниками. Значительную роль в решении этой задачи играет палинология.

В настоящее время необходимость сохранения двух типов таксонов в практике палинологических исследований очевидна. Нельзя не отметить, что в последние годы наблюдается некоторая порой не совсем оправданная, тенденция отступления от естественной классификации, хотя значение ее неоднократно доказывалось палинологами. Многие исследователи считают, что ископаемые споры и пыльца, как и прочие органы и части растений (листья, кутикулы, древесина, плоды, семена), являются доказа-

тельством реального существования определенных растений и широко используют генетическую классификацию.

Споры и пыльца характеризуются большим постоянством признаков, чем листья. Они отличаются чрезвычайной стойкостью к воздействию внешней среды и прекрасно сохраняются в ископаемом состоянии. К тому же с оболочками спор и пыльцы связаны важные систематические признаки растений.

Возможность применения генетической классификации во многом зависит от изученности спор и пыльцы ископаемых растений. Исключительную ценность представляют находки репродуктивных органов растений и извлеченные из них споры и пыльца. По ним можно устанавливать достоверную принадлежность к определенному ископаемому растению, о чем свидетельствуют работы многих ученых (В. И. Владимирович, М. И. Брик, Э. А. Копытовой, А. И. Турутановой-Котовой, М. П. Долуденко, В. А. Вахрамеева, А. И. Киричковой, В. В. Павлова, В. А. Василевской, И. А. Добрускиной, О. П. Ярошенко и др.).

Важное значение приобрели работы, в которых намечаются филогенетические связи ископаемых и современных флор, по пыльце и спорам. В них рассматриваются морфология ископаемых таксонов, предполагаемое естественное родство с современными родами. С привлечением палеоботанических данных выясняются древние ареалы ископаемых растений, определяют центры их происхождения, их стратиграфическое значение (В. В. Зауер и Н. Д. Мчедlishвили, Е. Д. Заклинская, А. Ф. Дибнер, Н. А. Болховитина, Л. Г. Маркова, А. Ф. Хлонова и др.).

Реконструкции истории мезозойской и кайнозойской растительности, ее планетарных связей и ботанико-географического районирования посвящены работы О. М. Кузичкиной, М. М. Одинцовой, Л. Н. Гутовой, З. И. Вербицкой, Л. Г. Марковой, А. Ф. Хлоновой, С. Р. Самойлович, И. П. Табачниковой, В. А. Шахмундес, Л. В. Ровниной, В. И. Ильиной и многих других.

Л. Г. Марковой и С. Р. Самойлович в 1974 г. разработаны методики построения карт палеорастительности по палинологическим данным. Эти и подобные работы, которые проводятся палинологами, указывают на большое значение палинологических исследований не только для решения важных вопросов биостратиграфии, но и для построения карт палеорастительности. При соответствующем практическом анализе и привлечении данных о природной среде в период седиментации и палеоклиматических реконструкций они являются составной частью комплекса палеогеографических исследований, которые, как известно, играют большую роль в оценке перспектив нефтегазоносности осадочных бассейнов, а также в прогнозировании и поиске таких полезных ископаемых, как бокситы и уголь.

Для указанных выше целей важным является использование палинологических данных, основанных на определениях по естественной классификации в разумных рамках, там, где такое определение действительно правомерно.

Известно немало публикаций, в которых описываются споры и пыльца, извлеченные из спорангиев или пыльников ископаемых растительных остатков. Заслуживает внимания работа В. А. Красилова «Критический обзор систематики папоротников СССР по спорам» *in situ*, опубликованная в 1969 г. По его мнению, для систематики дисперсных спор и правильной интерпретации данных, получаемых при их анализе, чрезвычайно важно изучение спор, извлеченных из спорангиев ископаемых папоротников. В этой области советскими палеоботаниками уже проделана большая работа, накоплено много данных, которые можно использовать для составления атласа или определителя. Однако, для того чтобы споры из спорангиев ископаемых папоротников можно было использовать при уточнении определений дисперсных спор, эти папоротники, в свою очередь, должны быть точно определены.

В. А. Красилов анализирует свыше 30 определений спор папоротников из спорангиев, выполненных до 1967 г. в СССР разными палеоботаниками и палинологами. В результате тщательного анализа морфологии листа, расположения сорусов, строения спорангиев и спор значительную часть определений спор из спорангиев он не ставит под сомнение: *Ruffordia goepperti* (Dunk.) Serv., *Klukia exilis* Phil., *Gonatosorus notabilis* Sixf., *Eboracia ketavensis* Vachr., *Nathorstia pectinata* (Goep.) Krassilov, *Clathropteris obovata* Oishi var. *magna* Tur.-Ket., *Dictyophyl-lum* sp. и др. Ряд спор, выделенных из спорангиев, им переопределены. Споры *Hissaropteris* Kuz. et Sikt., описанные Ю. М. Кузичкиной по морфологическим признакам, В. А. Красилов сравнивает со спорами *Coniopteris*, *Gonatosorus* и *Onychiopsis*, указывая при этом, что они резко отличаются от спор осмундовых и их следовало бы скорее всего отнести к *Syatheaceae*. Т. А. Сикстель отмечает, что спорангии располагаются в беспорядке на нижней стороне перышек, как у осмундовых. В. А. Красилов, судя по изображениям, имеющимся в работе этих авторов, полагает, что особого беспорядка в расположении спорангиев нет, а напротив, они образуют довольно компактный округлый сорус, занимающий центральную часть мелкого перышка. Такой характер спороношения не только не противоречит, но наоборот, подтверждает вывод о принадлежности *Hissaropteris* к *Syatheaceae*, сделанный Ю. М. Кузичкиной на основании морфологии спор. Для ископаемых папоротников, относящихся к этому семейству и имеющих сорусы, лишенные индузия, М. Гирмер предложил родовое название *Alsophilites*. *Hissaropteris* сходен с *Alsophilites polonicus* (Racib) Nigmet из юры Польши и, вероятно, может быть, как полагает В. А. Красилов, отнесен к тому же роду.

Таким образом, сравнение морфологических особенностей спор, выделенных из спорангиев папоротника, имеющего спорное систематическое положение, с рецентными спорами и уточнение характера расположения спорангиев дало основание к определению соответствующего места этих спор в естественной классификационной системе.

Аналогичный пример приводит В. А. Красилов с *Klukia* sp. Под этим названием описаны отпечатки стерильных и фертильных перьев, последние с одиночными спорангиями. Споры билатеральные. На основании сравнения спор, описанных Э. А. Копытовой, со спорами, извлеченными Г. В. Делле из спорангиев кавказских экземпляров *Klukia exilis* (Phill.) R. a. s. i. b. и со спорами, описанными в 1961 г. Г. Гаррисом, В. А. Красилов отмечает постоянство морфологических признаков спор этого папоротника и необходимость исключения спор, описанных Э. А. Копытовой, из рода *Klukia*. В данном случае опять-таки отличный пример того, как на основании тщательного и комплексного анализа спор и крупномерных остатков можно внести существенные коррективы в определение.

Значительные уточнения внесены В. А. Красиловым в описание спор из спорангиев папоротников семейства *Gleicheniaceae* (*Gleichenia sphenopteroides* Griseb.). По строению листа, форме перышек, строению спорангиев он полагает более правильным отнести описание споры не к глейхениевым, а к циатеидам. Нам представляется правильным этот вывод и по построению спор.

В свете использования естественной классификации при палинологических определениях заслуживают внимания результаты комплексных исследований палеоботаников и палинологов. Применение комплексных исследований к ископаемым растениям прошлых эпох отражено в работах Н. А. Болховитиной, В. А. Вахрамеева, З. И. Вербицкой, З. П. Просвиряковой, В. В. Павлова, Р. З. Генкиной, Е. Н. Дубровской, И. З. Фадеевой и др. Анализ комплексных исследований различных авторов показывает некоторое несоответствие флористических списков, полученных в результате изучения отпечатков растений, спор и пыльцы. Расхождение таксономических списков объясняется разными причинами: неодинаковой способностью к fossilization отдельных частей растений и трудностью их сопоставления, в связи с чем часть растений остается определенной по искусственной классификации. Кроме того, в одних случаях отдельные роды и семейства растений удается более детально определить по листовым отпечаткам, а в других — по спорам и пыльце. Так, В. В. Павлов в своих работах 1961 г. из верхнемезозойских отложений Ленского бассейна и З. П. Просвирякова из юрских угленосных отложений Мангышлака отмечают значительное количество отпечатков хвощей семейства *Equisetaceae* и отсутствие таковых или незначительное содержание спор *Equisetaceae* в палинологических спектрах. Имеются значительные расхождения в находках схизейных, беннеттиев, сосновых по крупномерным остаткам и палинологическим данным.

В течение многих лет ведутся комплексные палеоботанические исследования макроскопических остатков растений, спор и пыльцы из континентальных нижнемезозойских отложений районов Средней Азии. Примером достаточно хорошей увязки полученных данных могут служить большинство изученных разрезов Гиссар-

ского хребта, Зеравшано-Гиссарской горной области, Восточной Ферганы, хорошо охарактеризованные макро- и микрофоссилиями. Так, в обнажениях по р. Ягноб (Зеравшано-Гиссарская горная область) в составе юрского флористического комплекса главная роль, как и в спорово-пыльцевом комплексе, принадлежит папоротникам семейства *Dipteridaceae* (*Hausmannia*, *Clathropteris*, *Dicthyophyllum*, *Thaumatopteris*). Очень часто встречаются и отпечатки корневищ этих папоротников (*Rhizomopteris*). Кроме того, определены представители семейства *Matoniaceae* (*Phlebopteris*), *Osmundaceae* (*Todites*) вместе с представителями рода *Cladophlebis*. Обычными составляющими комплексов являются и гинкговые, наиболее многочисленные и разнообразные в низах разреза, что также совпадает с данными спорово-пыльцевого анализа.

В комплексе ископаемых отпечатков кухиратской свиты, характеризующей только верхнюю, более песчаную ее часть, наиболее часты и многочисленны гинкговые и хвойные *Pagiophyllum peregrinum*. Последние, как принято считать, продуцировали пыльцу типа *Classopollis*, что также совпадает с увеличенным содержанием ее в спорово-пыльцевом комплексе.

Особенностью комплекса листовых отпечатков из габирутской свиты является присутствие в нем типичных представителей среднеюрских растений, таких, как *Nilssonia*, *Ptilophyllum*, *Coniopteris* (споры последнего были определены в значительном количестве).

В отложениях джизикрутской свиты многочисленны представители семейства *Dicksoniaceae* (*Eboracia*, *Gonatosorus*, *Coniopteris*). Отпечатки рода *Coniopteris* встречаются не только в значительном числе видов (7), но и занимают первое место по частоте встречаемости, что вполне соответствует максимальному процентному содержанию спор этого рода в отложениях свиты. Такое же соотношение представителей семейства *Dicksoniaceae* отмечается в разрезах Южного Гиссара (р. Лючоб) и Восточной Ферганы.

Комплекс растительных отпечатков кухималекской свиты в обнажениях по р. Ягноб обнаруживает близкую связь с двумя последними комплексами, но отличается значительной обедненностью, что наблюдается и в составе палинологического комплекса.

Совместное нахождение пыльцы и *Classopollis* и крупномерных остатков *Brachyphyllum* отмечено в верхнеюрских отложениях Западной Сибири (Леушинская площадь), а в отложениях позднего лейаса спор и отпечатков *Clathropteris* (Уватская площадь).

В Фергане в отложениях верхнего лейаса обнаружено совместное нахождение большого количества отпечатков *Klukia* и спор *Klukisporites*.

Представляется необоснованным определение пыльцы *Brachyphyllum* и *Pagiophyllum* по искусственной классификации. М. Кендал в 1919 г. изучила пыльцевые зерна *Brachyphyllum* из лейаса Шотландии, найденные прилипшими к оси мужской шишки, расположенной изолированно от вегетативных побегов *Brachyphyllum scotti* К е n d a l. Кроме того, ею в 1952 г. были извле-

чены пыльцевые зерна из мужской шишки *Pagiophyllum contivena* K e n d a l.

Еще в 1933 г. Л. Х. Хормахер была обнаружена хорошо сохранившаяся пыльца из мужской шишки *Cheirolepis munsteri*, найденной в отложениях рэт-лейаса Франконии (Бавария). Е. Болтенхаген, Ж. Дюбинже изучили пыльцу из пыльников, найденных с многочисленными веточками *Brachyphyllum* в сером мергеле верхнего геттанга Франции. Пыльцевые зерна оказались отличной сохранности, имели шарообразную форму и экваториальную борозду (римулу). Морфологическое строение пыльцы у названных выше родов сходно в целом для всего семейства *Cheirolepidaceae*. Но есть и отличия в морфологии пыльцевых зерен, заключающиеся в строении экзины, характере расположения полосчатой ориентации, степени утолщения экваториального пояса и др.

Тщательному анализу морфологического строения, систематического положения, палеогеографического и стратиграфического значения пыльцы *Classopollis* посвящены работы В. В. Зауер, Н. Д. Мчедlishvili, О. П. Ярошенко, В. А. Вахромеева, М. А. Петросьянц, Н. М. Бондаренко и др.

Внимание палинологов, изучавших морфологическое строение пыльцы *Classopollis*, было обращено главным образом на черты сходства этой пыльцы, описанной различными авторами, чтобы доказать правомерность выделения формального рода *Classopollis*. Основным признаком, который берется за основу выделения формальных родов *Circulina* M a l., *Classopollis* P i l u g, *Granuloperculatipollis* V e n k., *Classopollis* A m e r o m, является различное строение эндоэкзины в зоне экватора (М. А. Петросьянц, Н. М. Бондаренко). Выявление сходных морфологических признаков у пыльцы различных родов *Cheirolepidaceae* имеет важное значение, так как свидетельствует о постоянстве основных морфологических признаков пыльцы этого семейства и подтверждает родство названных родов. Очевидно, исследованиями палинологов и палеоботаников без сомнения доказано систематическое положение пыльцы *Classopollis* в пределах семейства *Cheirolepidaceae*.

Детальное изучение особенностей морфологического строения пыльцевых зерен отдельных родов *Cheirolepidaceae* позволит восстановить в правах естественные таксоны дисперсной пыльцы *Brachyphyllum* и *Pagiophyllum*, а также установить пыльцу и других родов хейролепидиевых, что значительно обогатит представление о палеогеографическом и стратиграфическом значении этого семейства.

Многие палинологи считают, что споры *Coniopteris* играют важную роль в расчленении юрских отложений. Общеизвестным является факт исключительно большой общности морфологических признаков у спор, выделенных из спорангиев разных видов *Coniopteris* (М. И. Брик, Э. А. Копытова, А. И. Турутанова-Кетова, М. П. Долуденко, В. А. Вахрамеев и М. П. Долуденко, А. И. Киричкова и В. В. Павлов). Однако выделение дисперсных

спор *Coniopteris* даже в пределах только рода уже имеет существенное значение при детальном расчленении континентальных отложений нижней и средней юры. Мнение В. А. Красиловой о возможности отнесения спор *Coniopteris* к *Cyathidites* на основании отсутствия существенных отличий от спор *Gonatosorus*, *Hissaropteris* и некоторых *Eboracia* ошибочно. Споры, выделенные из спорангиев перечисленных родов семейства циатеевых, имеют отличия по очертаниям и размерам, толщине и скульптуре экзины, характеру щели и т. д.

Столь же актуальным является сохранение естественной классификации для дисперсных спор, идентичных спорам, выделенным из спорангиев *Dictyophyllum* sp. (М. И. Брик, Э. А. Копытова, А. И. Турутанова-Кетова) и *Clathropteris* (В. И. Владимирович). Исключительна роль диптериевых папоротников как индикаторов климата и надежных компонентов в детальной стратиграфии нижнемезозойских отложений (В. Д. Принада, И. Н. Сребродольская, В. А. Вахромеев, Р. З. Генкина, Л. В. Ровнина). Палинологи, определяющие дисперсные споры диптериевых по искусственной классификации, лишаются очень важного и надежного инструмента в палеобиогеографических исследованиях.

Отечественным палеоботаникам (М. Ф. Нейбург) и палинологам (Е. Д. Заклинская, М. К. Кюнтцель, О. П. Ярошенко) принадлежит приоритет во всестороннем изучении, включая сканирующий электронный микроскоп, и описании чрезвычайно важного в экостратиграфии плауновидного растения *Pleuromeia rossica* Neuburg. Установлено сходство дисперсных спор *Densoisporites neiburge* Valmae с *Pleuromeia*, имеющее исключительное значение для детального расчленения отложений раннего триаса, восстановления палеогеографических и климатических условий. Все сказанное свидетельствует о том, что в настоящее время у палинологов есть основание часть дисперсных спор из мезозойских отложений определять по генетической, естественной классификации, хотя бы в пределах рода.

ПАЛИНОЛОГИЯ И СТРАТИГРАФИЯ

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ХРОНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ В РАЗВИТИИ ФЛОР

Палинология и стратиграфия теснейшим образом связаны в решении основных задач — обоснования расчленения изучаемых отложений, их корреляции и сопоставления, т. е. определения соотношения хроно-подразделений, установленных на основании изучения различных групп палеонтологических памятников.

Палинологи в своих построениях прежде всего опираются на флористическую основу. Методы использования флористических данных при установлении хронов в пределах различных по гео-

логическому исчислению эпох фанерозоя, имеют свои особенности.

Как известно, каждому виду, роду, семейству растений принадлежат пыльца или споры, несущие в морфологических особенностях строения оболочек признаки принадлежности растению-продуценту. Следовательно, каждая ископаемая флора характеризуется своим, морфологически выдержанным и особым комплексом сохранившихся в ископаемом состоянии спорополлениновых оболочек.

Таким образом, эволюция флоры, изменявшая коренным образом лик Земли в течение фанерозоя, безусловно нашла свое отражение в синхронно сменяющихся морфологически обоних комплексах пыльцы и спор. Необходимость классифицировать споры и пыльцу ранних голосеменных и покрытосеменных в так называемой формальной морфологической системе не должна быть препятствием в реконструкции эволюционных рубежей, на основании которых строятся относительно крупные хроны.

Систематическая принадлежность значительного числа морфологических (формальных) таксонов ископаемых спор и пыльцы может быть отнесена к более высоким, чем семейство, таксонам естественной системы (класс, порядок, подпорядок), так что искусственность формальных (морфологических) таксонов ископаемых спор и пыльцы в некоторой степени условна. Скорее, следовало бы их именовать «палинологическими» таксонами или, как предлагает С. В. Мейен, относить их к палеонтологическим таксонам. Рано или поздно, большая часть орган- и форм-таксонов найдет место в естественной системе, ряд видов и родов которых уже вымерли.

Даже в том случае, когда палинологические комплексы в значительной степени состоят из так называемых форм-таксонов, все же при реконструкции хронологической последовательно сменяющихся эволюционных циклов в развитии флоры фанерозоя в целом и отдельных его эпох они адекватно изменяются в той же последовательности, что и флористические комплексы, установленные на основании макроскопических остатков флоры.

А. Н. Криштофович в 1957 г., отмечая стратиграфическое значение флористических памятников, приводит четырехкратную смену эр в развитии растений Земли (табл. 1), из которых каждая (кроме ранней) представлена своего рода эволюционно особенными флорами.

Палинологические исследования ограничиваются тремя эрами (в понимании А. Н. Криштофовича). Более древние этапы развития флоры находятся в компетенции альгологов. Однако и палинологам приходится прибегать к привлечению альгологии при комплексных исследованиях, тем более что мир водорослей, корни эволюции которых далеко уходят за пределы палеозойской эры, широко представлены в ископаемых комплексах микрофоссилий.

Таблица 1

Эры общей стратиграфической шкалы	Период	Флора	Эры развития растений
Кайнозойская	Четвертичный	Неокайнофитовая	Кайнофитовая
	Третичный *	Палеокайнофитовая	
Мезозойская	Меловой	Неомезофитовая	Мезофитная
	Юрский		
	Триасовый	Палеомезофитовая	
Палеозойская	Пермский	Антракофитовая	Палеофитная
	Каменноугольный		
	Девонский	Псилофитовая	
	Силурийский	Фикомикофитовая	Талассофитная
	Кембрийский		
Протерозойская			
Археозойская			

* В настоящее время подразделяется на две самостоятельные системы: палеогеновую и неогеновую.

За относительно небольшой срок, прошедший со времени выхода в свет монографии «Палеоботаника» (1957 г.) А. Н. Криштофовича, был накоплен огромный материал по местонахождениям палинологических и макроскопических остатков флоры. В результате их обработки и систематизации удалось несколько уточнить и дополнить схему А. Н. Криштофовича.

Флора фанерозоя развивалась тремя последовательно сменявшимися циклами. Первый цикл — ранний (конец ордовика — пермь) — палеофитовый, в котором можно выделить четыре этапа: 1) силур, ордовик — псилофитовый, 2) ранний девон — псилофитово-ликопсидовый, 3) поздний девон — карбон — антракофитовый* (термин А. Н. Криштофовича), 4) пермь — этап завершивших первый палеофитовый цикл в эволюции флоры.

На рубеже перми и триаса появились первые семенные папоротники и ранние (?) голосеменные растения; в течение пермской эпохи начала формироваться флора мезозоя (этапы: 5) — триас и 6) — юра и ранний мел).

В течение второго цикла во флоре были широко развиты растения, принадлежащие классам Filicina и в особенности Gymnospermae. К концу второго цикла, который А. Н. Криштофовичем был назван неомезозойским (юра—ранний мел), приурочено спорадическое появление представителей нового класса растений — Angiospermae.

Третий цикл (поздний мел — ныне) — кайнозой имеет особое значение, так как с ним связана вся история развития покрытосеменных.

Очевидно, что геохронологическая последовательность в развитии флоры Земли, реконструируемая на основании изучения ископаемых макро- и микроостатков, может служить надежным инструментом для биостратиграфических построений. На основании анализа первых двух циклов установлено, что компоненты палинофлор, известных из палеозоя и большей частью из мезозоя, почти полностью классифицированы в пределах морфологических таксонов (на уровне вида, рода и даже семейства). Суммируя сказанное, можно напомнить о том, что даже (из-за неполноты наших знаний) не прибегая к использованию формальных систем классификации в номенклатуре, можно определять общую геохронологическую последовательность в развитии флор**.

ФЛОРИСТИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И ВЫБОР ТАКСОНОВ ДЛЯ КОРРЕЛЯЦИИ

Законам дифференциации были подчинены и древние флоры, и весь животный и растительный мир.

* Антракофитовый этап в эволюции флоры был исключительно богат по разнообразию флоры, обновленной таксонами (в пределах классов и порядков, к большинству которых относится современная флора).

** См. Е. Д. Заклинская. Палинохроны и обоснование стратиграфических подразделений.— В кн.: Бюл. Моск. об-ва испытателей природы, отд. геол., т. 60, вып. 5, 1985.

Ботаники и палеоботаники конца прошлого и первой половины XX в. неоднократно обращались к проблеме, связанной с явлением сходства и различия флор, расположенных на современных материках, разделенных океаническими барьерами. Появившиеся в 20-х годах работы А. Вегенера и В. Кеппена, посвященные дрейфу материков и палеоклиматическим проблемам, внесли чрезвычайное оживление в полемику относительно древних климатов и эволюции растительного и животного мира Земли. Многие сомнения разрешались при признании возможности движения древних материков, значительных изменений в их конфигурации, расширения и сужения океанических барьеров между ними.

Палеофлористические данные безусловно подтверждают мобилистскую теорию, к признанию которой постепенно приходят все палеонтологи мира.

Крупнейший советский палеоботаник А. Н. Криштофович, общая и анализируя все палеоботанические данные, известные на Земном шаре в первую половину нашего столетия, уделил особое внимание палеофлористической дифференциации. В его книге «Палеоботаника», вышедшей в 1957 г., приведен ряд карт с изображением палеофлористических областей для отдельных эпох палеозоя, мезозоя и кайнозоя (полихронные флоры). Своего рода синтезом всех предыдущих палеоботанических исследований русских и зарубежных ученых и критическим анализом с внесением корректив на основании своих наблюдений явилась монография коллектива авторов — В. А. Вахромеева, И. Добрускиной, Е. Д. Заклинской и С. В. Мейена «Палеозойские и мезозойские флоры Евразии и фитогеография этого времени», опубликованная в 1970 г. В этой работе приводятся карты с изображением палеофлористических царств, их областей и провинций для девонского, карбонового, пермского, триасового, юрского, мелового и раннепалеогенового времени. При составлении этих карт учитывались данные по изучению макроскопических и микроскопических остатков флоры. Дифференциация позднемеловой и раннепалеогеновой флоры на территории Евразии основана на палинологических материалах.

Все исследования, касающиеся палеофлористической дифференциации, установленной на Земном шаре, оказали значительное влияние на биостратиграфическое направление в палинологии. Со всей очевидностью встала сложная проблема поиска надежных палинологических коррелянтов для стратиграфии, широко использующей данные палинологии.

Следует отметить, что за период 60—80-х годов большое число палеоботаников, в том числе и палинологов занимались флористической и фитогеографической дифференциацией (Л. Г. Маркова, С. Р. Самойловц, С. К. Шривастава, Л. В. Ровнина, С. И. Пуртова, Г. Ф. В. Хернгрин, А. Ф. Хлонова и др.). Однако не все палеоботаники одинаково подошли к решению проблем дифференциации растительного мира Земли, располагавшегося на различных эволюционных рубежах в пределах глубоко различных фло-

ристических царств и их провинций и областей. Одни из них четко разграничивают понятия флора и растительность, границы палеофлористических царств при этом располагаются в основном вне зависимости от современной градусной сетки (Е. Д. Заклинская, И. А. Добрускина, С. В. Мейен, В. А. Вахрамеев), другие объединяют флору и растительность и картируют так называемые фитогеографические элементы (С. Р. Самойлович, Л. Г. Маркова, С. И. Пуртова и др.).

Для палинологов Советского Союза вопросы дифференциации палеофлор имеют особенно большое значение ввиду того, что на обширной территории располагались и располагаются различные флористические области и провинции во все эры фанерозоя. Однако приемы и методы, применяемые палинологами при реконструкции исторического развития флор прошлого, а также при построении схем и карт палеорастительности, неодинаковы. То же можно сказать и о выборе таксонов, используемых при корреляции отложений, удаленных разрезов. Исследователи неодинаково подходят к принципам их определения и применения. Не избежали этого и авторы настоящей книги. Ниже приводятся понятия определяющих главные таксоны, используемые палинологами при корреляции разновозрастных отложений.

Е. Д. Заклинской установлены три типа палинологических таксонов:

1) ключевые таксоны (и группы их), имеющие короткий век и исключительно широкий ареал, заходящий за границы флористического царства, в пределах которого концентрация их достигает максимума. Возможно, что растения — продуценты таких палинологических таксонов имели разорванные ареалы; ключевые таксоны (роды, виды) выполняют роль руководящих для корреляции межконтинентального масштаба и для корреляции отложений, сформировавшихся в пределах различных флористических царств; в количественном отношении ключевые таксоны могут проявляться различно; в краевых зонах ареала участие их продуцентов в растительном покрове могло быть незначительно, поэтому поиск таких ключевых таксонов требует большой тщательности;

2) коррелятивные палинологические таксоны (род, вид) обладают теми же свойствами, что и ключевые, но в пределах границ одного царства или его области; они могут служить в качестве руководящих для корреляции межрегионального масштаба, занимать также подчиненное место в количественном отношении в общем комплексе ископаемых спор и пыльцы; для ключевых и коррелятивных таксонов количественная характеристика не имеет значения, а важно установление их постоянного присутствия в серии сопоставляющихся палинокомплексов; ключевые и коррелятивные таксоны пыльцы и спор в основном относятся к эволюционному ряду ископаемых и являются надежным инструментом в биостратиграфии;

3) характерные таксоны (семейство, род, вид), которые свидетельствуют об относительно кратком времени существования продуцента на ограниченной территории в пределах флористической провинции или области или округа; характерные таксоны (или группы их) могут свидетельствовать о существовании определенных формаций продуцировавших их растений и могут выполнять функцию руководящих таксонов для корреляции регионального масштаба, в отдельных случаях — межрегионального, если регионы близко расположены и климатические и физико-географические условия осадконакопления их близки. Характерные таксоны могут представлять викарирующие формы, образующие аналогичные ассоциации на удаленных территориях, климатические и прочие физико-географические обстановки которых были близки; могут быть представлены в различных количественных пропорциях в палинокомплексах; обычно они в количественном отношении занимают значительное место в комплексе и находки их сопровождаются также характерными сопутствующими родами или видами.

Характерные таксоны и их комплексы изменяются в соответствии с эволюционным уровнем флоры в целом. Групповые ареалы продуцентов характерных видов и родов пыльцы и спор мигрируют в комплексе с сопутствующими таксонами.

К группе характерных таксонов также относятся споры и пыльца аazonальных типов растительного покрова; корреляционная группа этих таксонов может быть представлена филогенетически не связанными формами, но принадлежность их к определенному (единому) эволюционному уровню обязательна.

Характерные таксоны позволяют прибегать и к качественным, и к количественным параметрам, так как участие их, ввиду ограниченных территориальных местообитаний (регион, округ, локальные участки), позволяет выявить связи их местонахождений со специфическими условиями осадконакопления в седиментационных бассейнах.

Некоторые палинологи также считая, что споры и пыльца являются палеонтологическими объектами, применяют к ним термिनологию, устоявшуюся в палеонтологии животных организмов. Коррелятивными эти исследователи называют все таксоны, играющие важную роль при расчленении и корреляции отложений различного масштаба (межконтинентальной, региональной, местной). Главными таксонами для этой цели они считают руководящие и характерные. Придерживаясь сформулированных определений, Д. Л. Степанов и другие исследователи (1958 г.) под «руководящими» формами подразумевают формы, присутствующие только в данном стратиграфическом подразделении и не переходящие в сопредельные подстилающие и покрывающие отложения; «характерные» формы — появляются в подстилающих и исчезают в вышележащих отложениях, в данном горизонте их распространение максимально. Метод руководящих форм состоит в том, что корреляция отложений проводится по находкам строго определенных

ископаемых, которые приурочены к разновозрастным слоям. Руководящие формы должны иметь относительно узкие стратиграфические диапазоны, очень широкие ареалы, мало зависеть от фаций. Однако, как явствует из публикаций последних лет [36], представление о том, что отдельные руководящие формы во всех районах своего распространения имеют один и тот же стратиграфический диапазон, не подтверждается во многих случаях фактическими данными. Процент организмов космополитов ничтожно мал. Наиболее частым случаем изменения стратиграфического диапазона руководящих форм является связь их с определенными фациями — влияние экологических факторов.

На основании сказанного можно сделать вывод, что по существу позиции разных «школ» очень близки. Объединяет их однозначное понимание того, что в процессе исторического развития высших растений планеты дифференциация флор была значительной, расположение палеофлористических царств и их областей и провинций отлично от современного и что в пределах флористических царств прошлых эпох наблюдалась дифференциация растительного покрова в зависимости от климатических и общегеографических обстановок.

Самостоятельность решений вопросов биостратиграфического порядка, конечно, в наибольшей степени проявляется при установлении крупных хронов, выявленных на основании эволюционных рубежей в развитии флоры. Обоснование дробных стратиграфических подразделений, представленных геологическими телами, сформированными в различных фациальных обстановках, ограниченных относительно короткими временными параметрами, требует комплексного подхода и использования палеонтологического материала с привлечением данных, свидетельствующих о специфических условиях осадконакопления в изучаемом седиментационном бассейне.

Современные знания о глубокой дифференциации флор и, естественно, дифференциации растительности в зависимости от природных условий обитания не оставляют сомнения в том, что так называемые руководящие таксоны имеют ограниченное пространственное значение.

Вопросы современной биостратиграфии, в особенности связанные с крупномасштабной геологической съемкой, требуют особого отношения при изучении морфологии ископаемых спор и пыльцы. При детальных исследованиях так называемых опорных разрезов в каждом регионе, характеризующемся своими микропалеогеографическими условиями, способствующими развитию растительных ассоциаций со специфическим набором характерных родов и видов растений, выявляются таксоны-индикаторы. Хорошо зная морфологию ископаемых, легко установить эпиболы этих палинологических видов в разрезе.

При корреляции территориально близких разрезов в одном регионе такие виды-индикаторы являются теми руководящими таксонами, которые в то же время характерны для региональной

флоры в целом на протяжении определенного «микророна». Иными словами, разновозрастные спорово-пыльцевые комплексы, указывая на определенный уровень развития флоры в любой точке земного шара, в то же время отражают ее особенности и характеризуются набором своих характерных и руководящих таксонов.

СТРАТИГРАФИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ И ИХ ОБОСНОВАНИЕ

Естественное стремление унифицировать структуру стратиграфических подразделений, а следовательно прийти к единому мнению о валидности тех или иных методов, при помощи которых можно в едином ключе построить единые геохронологические и стратиграфические схемы, вызывало оживленные обсуждения на Международных геологических конгрессах. Однако до сих пор полной договоренности в этом вопросе нет.

К настоящему времени достаточно четко формулируются два сопряженных понятия, а именно: геохронологическая шкала, показывающая историческую, временную последовательность событий в развитии Земли, и собственно стратиграфическая шкала, отражающая основные этапы развития земной коры, запечатленные в реально наблюдаемых комплексах горных пород.

Правилам стратиграфической классификации, терминологии и номенклатуры, отражающим основные принципы стратиграфии, начиная с конца XIX столетия, посвящено огромное количество работ. Однако несмотря на усилия геологов всего мира, до настоящего времени Международный стратиграфический кодекс не был утвержден. Причиной тому являются существенные разногласия между исследователями мира по ряду вопросов, сущность которых подробно изложена в работе В. М. Меннера «Современное состояние вопроса», опубликованной в 1977 г. Большинство европейских геологов, в том числе и геологи Советского Союза, пользуются едиными стратиграфическими подразделениями комплексного или биостратиграфического обоснования.

«Стратиграфический кодекс СССР» вышел в свет в 1977 г. В нем принята следующая структура стратиграфической классификации (табл. 2):

Критерием установления зональных биостратиграфических подразделений является смена фаунистических (флористических) комплексов по разрезу (статья XVII.4). В зависимости от положения стратиграфического подразделения определяется ведущая роль того или иного метода стратиграфических исследований.

Для фанерозоя ведущим методом установления общих подразделений (эратема—зона) является биостратиграфический метод. При установлении общих стратиграфических подразделений четвертичных отложений ведущее значение приобретает климато-стратиграфический метод (примечание к статье III.1).

Общие стратиграфические подразделения. Таксономическая шкала общих стратиграфических подразделений

I. Основные стратиграфические подразделения комплексного обоснования

Категория общих стратиграфических подразделений	Категория региональных стратиграфических подразделений	Категория местных стратиграфических подразделений
Эонотема	Горизонт	Комплексы
Эратема (группа)	Лона (провинциальная зона)	Серия
Система		Свита
Отдел		
Ярус		
Зона		
Звено		

II. Стратиграфические подразделения частного обоснования

Категория зональных биостратиграфических подразделений: биостратиграфические зоны разных видов

III. Вспомогательные стратиграфические подразделения

Категория литостратиграфических подразделений: толща, пачка, пласт (слой), маркирующий горизонт

Категория биостратиграфических подразделений: слой с фауной (флорой)

состоит из ряда соподчиненных единиц, которым соответствуют таксономические единицы геохронологической шкалы:

Общие стратиграфические подразделения:	Геохронологические подразделения:
Эонотема	Эон
Эратема (группа)	Эра
Система	Период
Отдел	Эпоха
Ярус	Век
Зона	Фаза
Звено	Пора

А. И. Жамойда объектом стратиграфии считает стратиграфическое подразделение или стратон. Согласно Е. В. Шанцеру, эоно-

темы соответствуют крупным этапам тектонической перестройки земной коры, охватывающим отрезки времени порядка первых миллиардов лет, эратемы — этапам истории органического мира, характеризующимся принципиальными различиями качественного состава многих высоких таксонов животных и растений и охватывающим отрезки времени порядка первых сотен миллионов лет, а системы и отделы различаются чаще всего по существенным изменениям систематического состава фауны и флоры на уровне родов, семейств, реже более крупных таксонов и соответствуют отрезкам времени порядка десятков миллионов лет.

Что касается яруса, то он, по мнению Е. В. Шанцера, соответствует конкретному этапу эволюции органического мира на уровне низких таксонов (родов и видов), выделяющемуся в истории стратиграфически важных групп, внутри которых обособляются присущие только данному ярусу комплексы близко родственных форм.

Как следует из Стратиграфического кодекса СССР, ярус — это таксономическая единица общей стратиграфической шкалы, подчиненная по рангу отделу. Он определяется палеонтологическими признаками, отражающими процесс эволюционных изменений органического мира, прослеживаемый в пределах низких таксонов палеонтологической систематики.

Зона (хронозона) — таксонометрическая единица общей стратиграфической шкалы, подчиненная по рангу ярусу. Зона отражает определенный этап развития фауны. Ее границы устанавливаются по стратиграфическому распространению зонального фаунистического комплекса, в состав которого должна входить группа видов, быстро эволюционирующих и имеющих широкое географическое распространение.

Звено — таксономическая единица общей стратиграфической шкалы, подчиненное по рангу зоне. Оно объединяет комплексы горных пород, сформировавшихся во время единого цикла климатических изменений.

Нам представляется, что на смысловом и таксономическом значении термина «зона», который широко используется в Стратиграфическом кодексе (см. Кодекс, с. 18), следует остановиться особо:

1) зона — шестое подразделение общей стратиграфической шкалы, таксономически подчиненное ярусу;

2) провинциальная зона — зона, таксономически подчиненная горизонту;

3) зона биостратиграфическая — категория зональных стратиграфических подразделений (ранг и таксономическое положение не указаны).

Таким образом, в едином Кодексе термин «зона» фигурирует в разных значениях. Как хронозона она отвечает определенному этапу в развитии фауны и флоры, но таксономически этап в развитии флоры занимает значительно больший отрезок времени, чем век. Этап в эволюции флоры определяется развитием коренным

образом изменившейся флоры. В течение каждого нового этапа развивается флора, представленная совершенно иным, чем в предыдущем этапе, комплексом таксонов в ранге классов, порядков и семейств. Поэтому если стратиграфическая хронозона и может получить флористическое обоснование, то, конечно, по признаку смены не этапов, а значительно более мелких его подразделений, таких, как фаза или скорее подфаза. Характеристикой фазы и подфазы является эволюционные преобразования, выраженные необратимой сменой таксонов в ранге видов и комплексов их, реже — родов. Определение обоснования лоны (региональной зоны) также небезупречно по отношению к флористическим показателям, так как предложенное установление лоны связано с показателями биогеоценотического плана. Во-первых, на этом принципе установить обособленность лоны чрезвычайно затруднительно для донеогеновых отложений, а во-вторых, если это было бы доступно, то тогда такое основание ни в коем случае не могло бы быть использовано для установления «комплексной лоны», единой для разнофациальных отложений.

Совершенно отличным является обоснование биостратиграфической зоны, которая, согласно рекомендации Кодекса, определяется как совокупность горных пород, охарактеризованных эволюционными изменениями в составе отдельных групп фауны и флоры, а также сменой экологических ассоциаций. С флористических позиций такое обоснование в равной степени годится для характеристики мелких и крупных стратиграфических подразделений, значительно превышающих ранг зоны.

В связи с рассматриваемым вопросом необходимо остановиться на термине «палинозона», употребляемом рядом палинологов. Одним из первых среди европейских палинологов, употреблявших еще в 1970 г. этот термин, был В. Крутш. Его схема зонального деления отложений нижнего и среднего палеогена включает 17 палинологических зон, каждая из которых сопоставляется с одной или двумя фораминиферовыми зонами. Для обоснования палинозон В. Крутш избрал 49 видов пыльцы клана *Nonnarpolles*. Зоны В. Крутша оказались региональными и при сопоставлении с палинологическими данными по ряду регионов Парижского бассейна, Советских Карпат, Крыма, Армении, Средней Волги, Причерноморской впадины оказалось, что четких границ между палинозонами В. Крутша провести не удастся. Выделенные же группы по трем-четырем палинозонам прекрасно укладываются в ранг одной фазы (или ее подфазы) развития флоры Европейской палеофлористической провинции, и в этом случае они могут служить для межрегиональной корреляции европейской части Евразии.

В то же время голландский палинолог Г. Муллер, исследуя в 1968 г. палеоген-неогеновые отложения тропической зоны в районах северной части Южной Америки, Нигерии и Сулавеси, установил три группы палинозон: пантропические, трансатлантические и интраконтинентальные. Каждая из этих групп характеризовалась палинологическими таксонами, имеющими относительно ло-

кальное преобладание в региональных ассоциациях, но могла быть сопоставлена с зонами, установленными по планктонным фораминиферам. Объем этих зон не всегда был равен, но с помощью сопоставлений (и та, и другая группы ископаемых изучались из одних разрезов) границ палинозон с границами зон по фораминиферам определились устойчивые пределы их несовпадения.

В СССР пионером в установлении и формировании зонального расчленения по палинологическим данным была Е. П. Бойцова. В 1977 г. ею впервые был установлен таксономический ранг палинозоны и предложены методы определения этих таксонов. Позднее ею был установлен ряд палинологических таксонов пыльцы покрытосеменных (виды пыльцы, условно относимой к роду *Quercus* и др.); присутствие и количественное участие их в палинологических комплексах было предложено принимать в качестве характеристики и обоснования местных палинозон (лон). Однако в процессе практического применения этих рекомендаций выяснилось, что палинологические зоны, установленные на основании преобладания каких-либо видов пыльцы, могут иметь различные временные параметры вплоть до века (яруса) и более. Это заставило еще раз заняться пересмотром вопроса о методике палинологического обоснования дробного расчленения осадочных отложений и, соответственно, корреляции их в региональном и более широком масштабе.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о нежелательности широкого применения термина «палинозона».

Сложность дробного расчленения отложений по палинологическим и вообще флористическим данным заключается в определенной мере в стойкости растений к относительно небольшим изменениям условий природной среды. Растения, в развитии которых эволюционные рубежи заметно подчеркиваются периодами адаптивной радиации, свойственна строгая дифференциация. Растения ведут прикрепленный образ жизни, экология их пластична. Виды растений живут долго и, несмотря на «подвижность» популяций, длительное время развиваются в пределах ареала рода. Необратимый ход эволюции растительного мира четко отражается в смене комплексов ископаемых спор и пыльцы, поэтому обоснование дробных границ в пределах каждой из крупных перестроек еще находится в стадии отработки.

Примером долгого выживания могут служить роды *Ginkgo*, *Casuarina*, *Cedrus* и многие другие. Ареалы их в процессе исторического развития флоры высших растений перемещались, разрывались, но род как таковой выживал, вопреки значительным изменениям и соотношениям границ материков и океанов и крупных климатических перестроек. Режим растительных организмов, ведущих прикрепленный образ жизни, несравним с режимом планктонных организмов, значительно быстрее распространявшихся, эволюционировавших, вымиравших за значительно более короткий промежуток времени.

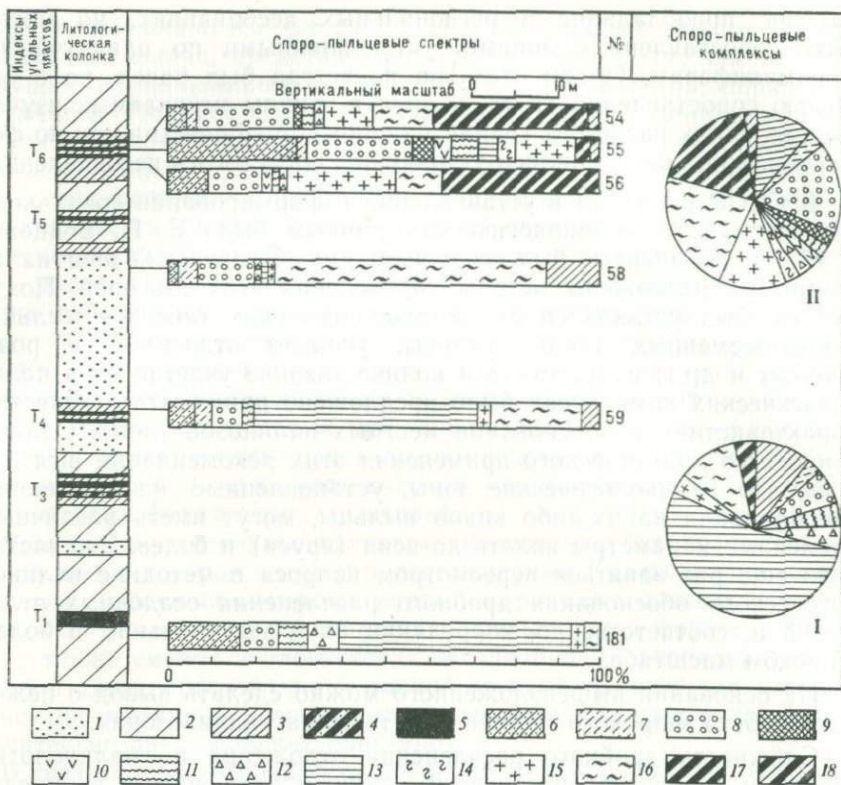


Рис. 5. Расчленение по данным спорово-пыльцевого анализа угленосных отложений карбона Карагандинского бассейна (скв. 2237 Тентекского района). По М. В. Ошурковой (1986 г.)

Литолия: 1 — песчаник, 2 — алевролит, 3 — аргиллит, 4 — углистый аргиллит, 5 — уголь; спорово-пыльцевые спектры и комплексы: 6 — *Calamospora*, 7 — *Punctatisporites*, 8 — *Crassosporites*, 9 — *Verrucosisporites*, 10 — *Apiculatisporites*, 11 — *Granulatisporites*, 12 — *Lophotriteles*, 13 — *Vallatisporites ciliaris*, *Lycospora subtriquetra*, *L. verriculifer* f. *minor*, 14 — *Cristatisporites latispinus*, 15 — *Remysporites*, 16 — *Schopfiipollenites*, 17 — *Florinites*, 18 — *Platysaccus*. Спорово-пыльцевые комплексы: I — *Lycospora verriculifer* f. *minor* — *Vallatisporites* — *Schopfiipollenites*, II — *Schopfiipollenites principalis* — *Florinites* — *Crassosporites*

Палинологические данные, рассмотренные с позиции эволюции флоры, являются прекрасными показателями хронологической смены крупных циклов и их этапов в развитии Земли и ее биосы (рис. 5). Общая тенденция в смене крупных этапов рисуется довольно четко, что позволяет производить корреляцию в широком плане. Затруднения ожидают исследователей с переходом к детальным сопоставлениям, при определении места проведения точных рубежей, выделяющих те наименее длительные промежутки времени в историческом развитии биосы (в конкретном плане наших исследователей — в истории развития растительного мира), в течение которых происходили необратимые и коренные изменения во флоре. Вероятно, таких точных «рубежей» в природе и не

было. Многие исследователи считают, что необходимо выделять переходные отложения (переходное время), во время формирования которых происходили эти изменения.

Тем не менее последовательное и постоянное изучение отдельных палинологических таксонов, прослеживание их участия в палинофлорах от рубежей, на которых они обнаруживаются единично, до интервалов их массовой встречаемости и, наконец, полного затухания — позволяет обнаружить закономерности для обоснования палинохронов различного ранга.

По объему зона (хронозона) должна составлять лишь часть яруса, а не быть равной ему и не превышать его, в пределах яруса зоны должны следовать одна за другой, выделение зон должно быть основано на видовом уровне, зона должна хорошо прослеживаться по площади. При соблюдении этих требований выделение зон по палинологическим данным правомочно. Употребление же уже оккупированного термина для обозначения объекта, не равного таковому в первоначальном понимании, нежелательно.

Остановимся на понятии «стратиграфические подразделения частного обоснования» для определения места палинологии в обосновании подразделений этого ранга.

Для обозначения геохронологического эквивалента биостратиграфической зоны и подзоны рекомендуется применять термин «время» с прибавлением названия зоны или ее подзоны (см. Кодекс, с. 34). Надо полагать, что палинологические данные могут иметь большое значение в обосновании биостратиграфических зон, которые, согласно Кодексу, не являются синонимами стратиграфического подразделения в ранге хронозоны, таксономически подчиненной ярусу или равной ему. Биостратиграфические зоны по объему могут быть различны.

При исследовании отложений континентального генезиса, а следовательно, лишенных остатков морской фауны, биостратиграфические зоны, установленные на основании палинологических данных, а еще лучше подкрепленных данными исследований макроскопических остатков флоры, могут оказаться реперными для корреляции. При этом корреляция может заходить за пределы регионального масштаба.

Самой «ненадежной» в смысле палинологического обоснования является биозона, рассмотренная в Кодексе как отложения, сформировавшиеся в интервале, отвечающем полному циклу развития какого-либо таксона (в нашем примере — семейства, рода, вида растений). Время появления и исчезновения таксона, реально существовавших растений в отдаленные эпохи фанерозоя, по палеонтологическим остаткам всегда определяется с большой долей условности. Трудно быть уверенным, что появление или исчезновение представителей былых флор в природе точно совпадает с «исчезновением» и «появлением» их остатков в породе. К тому же «точки отсчета» появления и исчезновения могут точно не совпадать в различных областях Земного шара. Поэтому для прослеживания этапов и фаз в развитии флоры самым надежным мате-

риалом является та часть биозоны, которая соответствует заметному и максимальному развитию таксона (связанному с эволюционным процессом или изменением экологических условий). В первом случае эти показатели будут оцениваться качественной характеристикой (видовое или родовое разнообразие), во втором можно прибегнуть и к количественным параметрам.

Для определения места и объема биостратиграфических зон различного ранга наиболее удачным вариантом является термин «время», объединенный с названием основных таксонов, характерных для установленных в разрезе палинологических комплексов. Именно палинологических комплексов, так как при обосновании биостратиграфических зон на палинолога возлагается задача: послойно изучить наиболее полные разрезы, дать палинологическую характеристику каждому слою («слои с . . .»), установить палинологический комплекс (ПК), сгруппировав данные изучения по признаку флористического единства, и затем выстроить хронологически последовательный ряд сменяющихся комплексов. Палинологический комплекс (или палинокомплекс), как обычно, получает наименование по руководящему или характерному таксону (или по паре их) для комплекса изученных горных пород, представляющих биостратиграфическую зону, может быть найдено место в геохронологической шкале. Например, «время *Stephanopropollenites hexaradiatus*». Параметры этого времени соответствуют положению палинологического хрона в шкале сменяющихся этапов, фаз и подфаз в историческом развитии флоры. Такая процедура должна выдерживаться как для местных (локальных), так и для региональных (провинциальных) исследований, так как целью палинологических исследований при обосновании стратиграфических подразделений и последующей их корреляции является установление надежных палинологических комплексов. В том случае если эти комплексы, положенные в обоснование биостратиграфической зоны, будут содержать таксоны с очень широким распространением, такая «зона» может быть коррелирована в широком масштабе. Если же в их составе будут участвовать таксоны с меньшим ареалом, корреляция возможна в межрегиональном и региональном масштабах (например, *Stephanopropollenites* имеет ограниченный ареал — Европейско-Туранскую область).

В настоящее время палинология развивается не в подчинении фаунистическим или общегеологическим или геофизическим датировкам, а в контакте со всеми доступными для сопоставления методами. При этом комплексные исследования не должны ограничиваться так называемой привязкой или сопоставлением, а проводиться методом параллельных исследований одних и тех же разрезов, слоев, образцов, в которых могут совместно захороняться остатки фауны и флоры. Обычно одни и те же разрезы подвергаются определению абсолютного возраста рядом геофизических и геохимических методов. При изучении мацератов обращается внимание на присутствие и характер микроскопических остатков растительной ткани, обуглившихся кусочков, обрывков и хорошо со-

хранящихся планктонных водорослей с органической оболочкой.

Теперь остановимся на терминах, встречающихся при интерпретации палинологических данных в стратиграфических построениях.

Биостратиграфическая зона — это совокупность горных пород, содержащих определенный комплекс органических остатков (зональный комплекс), отличающийся от комплексов, характеризующих подстилающие и покрывающие отложения. По своему содержанию они могут быть разного типа:

а) бионона — отложения, сформированные в интервале, отвечающем полному стратиграфическому распространению какого-либо таксона (вида, рода) животных или растительных остатков; стратиграфическое распределение зонального таксона в конкретных разрезах нередко оказывается меньше его максимального распространения; отложения, соответствующие таксону, ограниченному распространением в конкретных разрезах, называются тейльзонами, или топозонами, а если при этом учитывается распространение таксона в различных разрезах в определенной местности (во времени и в пространстве), то отложения, в которых он встречается, называются его зоной распространения (range-zone) [30];

б) эпиболь (акме — зона) — отложения, в которых зональный вид особенно часто встречается, т. е. соответствующие времени его расцвета в силу особенно благоприятных условий или отвечающие времени скопления органических остатков при захоронении [30];

в) комплексная зона — отложения, охарактеризованные определенным комплексом ископаемых остатков организмов;

г) эконна — отложения, в которых комплекс остатков организмов отражает их прижизненную экологическую ассоциацию или тафономические особенности фитоценоза. Смена эконн в разрезе связана со сменой эколого-фациальных условий существования организмов [37].

Палинохронна — термин, пока не утвердившийся в палинологии, но, по мнению Е. Д. Заклинской, подготовленный для обоснования хронононы. Характеризуется она палинокомплексом, содержащим ключевые таксоны (в исключительных случаях и коррелятивные, наряду с сопутствующими видами или родами), которые могут использоваться для межконтинентальных и межрегиональных корреляций.

В характеристике палинохронноны указывается, к какой подфазе или фазе установленного этапа в развитии флоры она относится. Палинохронна может использоваться для выяснения соотношения ее границ с хронононами, определенными по другим палеонтологическим группам, в частности с хронононами, установленными на основании планктонных фораминифер или других групп фауны. Палинохронноны рассматриваются в качестве палинохронн, продолжительность которых менее века или почти приближаются к объему века. Палинохронна позволяет коррелировать разнофациальные отложения в глобальном масштабе, вне зависимости от количественных соотношений компонентов, ее

характеризующих. Из определения этого термина (палинохронозоны) совершенно очевидно, что он относится к обоснованию зонального членения в понимании термина зона как хронозона.

Геохронологическое подразделение — интервал относительного геологического времени, в течение которого образовались горные породы, входящие в состав данного стратиграфического подразделения. Каждому стратиграфическому подразделению соответствует эквивалентное ему геохронологическое подразделение [36].

Зональные биостратиграфические подразделения — это охарактеризованные органическими остатками совокупности горных пород, время формирования которых определяется как эволюционными изменениями в составе отдельных групп фауны и флоры, так и сменой экологических ассоциаций. Границы биостратиграфических подразделений должны быть сопоставлены со стратиграфическими уровнями смены состава характерных комплексов фауны или флоры. Таксономической единицей биостратиграфических подразделений является биостратиграфическая зона [36].

Комплекс (лат. complexus) — связь, сочетание, совокупность предметов или явлений, составляющих одно целое; авторами книги термин трактуется различно. По мнению Е. Д. Заклинской, это служебный термин, обозначающий систематический список видов ископаемых спор и пыльцы, установленный при изучении препаратов из одной пробы (одного мацерата). Л. Г. Маркова, С. И. Пуртова, Л. В. Ровнина, В. Г. Стрепетилова, Н. Р. Тимошина, В. Р. Федорова, считая спорово-пыльцевой комплекс синонимом палинокомплекса, определяют его как состав спор и пыльцы с количественными показателями, установленным на основе суммирования аналогичных спектров. По мнению указанных авторов, комплекс характеризует определенный интервал одного или нескольких разрезов или определенный стратиграфический уровень регионально-геологического разреза. В последнем случае палинологические комплексы могут индексироваться буквенными и цифровыми обозначениями или к ним добавляются названия одного-трех типичных таксонов.

Е. Д. Заклинская не считает термин «палинокомплекс» синонимом спорово-пыльцевого комплекса и определяет его следующим образом. Палинокомплекс — это суммарная характеристика, полученная в результате изучения спор и пыльцы из серии проб из изученного слоя в разрезе. По относительно устойчивому флористическому составу палинокомплекс представляет определенный уровень в развитии палеофлоры изучаемого региона, который находится в пределах провинции, области, флористического царства, и в то же время несет информацию о региональной особенности этой флоры. Серия палинокомплексов характеризует историческое развитие палеофлоры в данном регионе и в общем плане, при изучении непрерывных разрезов — различные фазы в развитии флоры (или типа растительности в региональном плане) — ее начальную, кульминационную стадии и затухание, совпадающее с перестройкой, постепенно подводящей к коренному изменению. Палино-

комплекс индексируется буквенным и цифровым обозначением (ПКА₁, ПКА₂, ПКА₃ и т. д.). Палинокомплекс именуется по постоянному присутствию в нем ключевых, коррелятивных или характерных таксонов (в зависимости от масштаба исследований); он является основным инструментом для обоснования первичного палинохрона.

Термин «палинологическая характеристика» большинством палинологов понимается как термин широкого пользования, обозначающий состав ископаемых пыльцы и спор, установленный при изучении серии образцов из отложений любого стратиграфического подразделения и любого района. Палинологическая характеристика может включать данные о сохранности пыльцы и спор, наличии фотомикропланктона и т. д. Е. Д. Заклинская считает, что этот термин должен обозначать состав ископаемых пыльцы и спор, установленный при изучении единой пробы из любого слоя, любого (может быть неизвестного) геологического возраста.

Слой с фауной (флорой) — отложения, содержащие остатки организмов или сложенные ими. Причем эти остатки организмов или вовсе не встречаются в подстилающих и перекрывающих образованиях, или встречаются сравнительно редко [36].

Стратон (или стратиграфическое подразделение) — совокупность горных пород, составляющих определенное единство и обособленных по признакам, позволяющим установить последовательность их формирования и положение в стратиграфическом разрезе [36].

Биостратон (термин условный) — стратиграфическое подразделение, установленное на основе палеонтологических данных.

Общая стратиграфическая шкала — совокупность общих стратиграфических подразделений (в их полных объемах), расположенных в порядке их стратиграфической последовательности и таксономической подчиненности [36].

Геохронологическая шкала (шкала относительного геологического времени) — последовательный ряд геохронологических эквивалентов общих стратиграфических подразделений в их таксономической подчиненности [36].

Геохронометрическая шкала (шкала абсолютного геологического времени) — последовательный ряд датировок границ общих стратиграфических подразделений, которые встречаются в годах, вычисленных с помощью радиологических и других методов [36].

РАЗЛИЧНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЛЕНЕНИЯ И КОРРЕЛЯЦИИ ОТЛОЖЕНИЙ

Основные задачи стратиграфии — это расчленение разрезов и установление стратиграфических подразделений, корреляция стратиграфических подразделений и выработка стратиграфических схем, создание общей стратиграфической шкалы с учетом периодизации геологической истории земной коры в целом. В свою очередь понятие «стратиграфическая корреляция» определяется как

сопоставление пространственно разобщенных стратиграфических подразделений или их частей по геологическому возрасту и (или) по стратиграфическому положению в разрезах. Хотя упомянутые задачи тесно соприкасаются между собой, решение каждой из них характеризуется своими методами.

Принципиальные основы и методические приемы общих стратиграфических исследований изложены в работах многих крупнейших отечественных стратиграфов. Наиболее полно они освещены в трудах Ю. А. Жемчужникова, Л. С. Либровича, Б. С. Соколова, А. И. Жамойды, Д. Л. Степанова и М. С. Месежникова, В. В. Меннера, А. Н. Криштофовича, Д. М. Раузер-Черноусовой и др.

Теоретические основы всех стратиграфических построений базируются на серии принципов, важнейшими из которых являются: 1) принцип актуализма, 2) принцип необратимости геологической и биологической эволюции, 3) принцип объективной реальности и неповторимости стратиграфических подразделений, 4) принцип последовательности образования геологических тел, 5) принцип фациальной дифференциации одновозрастных отложений, 6) принцип этапности развития, 7) принцип палеонтологической сукцессии и некоторые другие.

Основополагающими принципами палеонтологического метода в стратиграфии (биостратиграфии) являются необратимость биологической эволюции и этапность развития органического мира.

Выделение биостратиграфических единиц основано на законе палеонтологической сукцессии, т. е. закономерной смене комплексов органических остатков по разрезу. Эти изменения могут быть обусловлены: 1) эволюционной сменой видов во времени, 2) сменой физико-географических обстановок (т. е. сменой фаций), 3) сугубо геологическими причинами (перерывы, размывы, регрессии и др.) [34].

Палинологический метод исследования горных пород является в конечном счете палеонтологическим и основывается на тех же теоретических предпосылках. Специфические особенности палеопалинологии открывают дополнительные возможности для стратиграфии, недоступные другим палеонтологическим методам. Во-первых, полифациальность захоронения спор и пыльцы позволяет проводить корреляцию разнофациальных, в том числе морских и континентальных отложений. Во-вторых, возможность извлечения спор и пыльцы в массовом количестве не только из пород, выходящих на дневную поверхность, но и из кернов скважин позволяет проводить корреляцию отложений открытых и закрытых площадей. Обе названные особенности имеют в стратиграфии и при детальных разведочных работах исключительно большое значение.

Способность всех высших растений производить в большом количестве споры и пыльцу и их прекрасная сохранность в ископаемом состоянии приводят к тому, что палинологический метод базируется на чрезвычайно политаксонном материале. Палинологию

приходится иметь дело с ископаемыми остатками растений, принадлежащих различным классам и даже типам растений, которые отличаются различным уровнем биологической организации и разными темпами эволюционного развития. Кроме того, в поле зрения палинолога попадают одноклеточные водоросли, т. е. организмы иной, чем высшие растения, среды обитания. Такая большая полнота материи имеет свои как положительные, так и отрицательные стороны.

Известно, что палинологические данные, отображающие в определенной мере эволюцию флоры, могут быть использованы как показатели хронологической смены крупных циклов и этапов в развитии Земли и ее биоса. Однако серьезные затруднения встречаются палинологов при рассмотрении ими вопросов детального расчленения и сопоставления отложений. Если такие крупные стратона, как отдел, легко выделяются по набору определенных семейств и родов спор и пыльцы, то установление более мелких по рангу стратиграфических подразделений является довольно сложным делом, чем и объясняется неодинаковость подхода различных исследователей к выбору критериев при решении рассматриваемой задачи. Выбор таксонов для выделения стратиграфических подразделений и их корреляция представляются наиболее достоверными и является одной из наиболее трудных задач, стоящих перед палинологами. Известны различные названия групп таксонов, применяемые в стратиграфических целях. Известно также, что одни палинологи при выделении дробных стратиграфических подразделений основное внимание уделяют систематическому составу спорово-пыльцевых комплексов, другие — не меньшее значение придают количественным показателям отдельных таксонов.

Нам представляется полезным привести здесь отдельные определения, понятия и принципы, положенные в основу методик, применяемых советскими палинологами при расчленении и корреляции дочетвертичных отложений.

И. М. Покровская еще в 1964 г. обратила внимание на то, что палеонтологи, изучающие крупные, видимые простым глазом остатки животных или растений, учитывают, как правило, только качественный (систематический) состав организмов. Палинологи, изучающие остатки микроскопических организмов или микроскопические остатки отдельных органов крупных организмов, в том числе споры и пыльцу высших растений, учитывают не только качественный (систематический) состав, но и количественное участие организмов. По мнению И. М. Покровской, при определении возраста отложений по данным спорово-пыльцевого анализа в пределах периода (системы) основанием служат споры и пыльца растений, которые составляют структуру комплекса и, как правило, встречаются в значительном количестве. Среди обнаруженных форм выделяются впервые появляющиеся и распространяющиеся споры и пыльца тех растений, присутствие которых указывает на начавшуюся коренную перестройку во флоре. Палинологические показатели эпох И. М. Покровская называет детерминантами.

Возраст осадков в пределах века (яруса) устанавливался И. М. Покровской по тем видам спор и пыльцы, которые имеют узкое возрастное (стратиграфическое) и достаточно широкое географическое распространение. Участие этих форм может быть и значительным, и единичным, но в любом случае они чрезвычайно характерны. Эти формы И. М. Покровская определяет как стратиграфические индикаторы. Она устанавливает следующую зависимость между рангами геохронологических (стратиграфических) подразделений и рангами систематических таксонов растений: периоду (системе) отвечают семейства, эпохе (отделу) — семейства и роды, веку (ярусу) — виды. При более дробном расчленении осадков она рекомендует проследить фазы в развитии растительности в пределах одного геологического века и по этим фазам коррелировать и датировать осадки.

Е. Д. Заклинская предлагает лишь три типа палинологических таксонов при расчленении и корреляции отложений различного масштаба: ключевые, коррелятивные и характерные.

Значительное количество работ по обоснованию стратиграфического расчленения палеогеновых пород по палинологическим данным принадлежит палинологам ВСЕГЕИ Е. П. Бойцовой, Л. А. Пановой.

Под термином «палинозона» Е. П. Бойцова понимала региональное стратиграфическое подразделение, характеризующееся неповторимыми в региональном разрезе особенностями количественного или систематического состава спор и пыльцы. При изучении разрезов, по ее мнению, необходимо выяснять определенные стратиграфические уровни появления, максимального распространения и исчезновения определенных таксонов спор и пыльцы, преимущественно видов. Подобные уровни должны быть установлены в нескольких разрезах, расположенных в различных частях региона.

Подробная концепция Е. П. Бойцовой изложена в работе «Методы интерпретации палинологических данных», опубликованной в 1977 г. По ее мнению, установление палинозоны по площади контролируется постоянством количественных соотношений видов, выделенных в палинозоне по отношению к этим же видам в подстилающих и перекрывающих палинозонах. Территориальное распространение палинозоны она обуславливала двумя основными факторами: 1) аллохтонным типом захоронения спор и пыльцы в крупном бассейне аккумуляции, 2) принадлежностью изучаемого региона к одной ботанико-географической провинции или области в прошлые эпохи. Палинозона как биостратиграфическое региональное подразделение может быть выделена только на основе детального послойного изучения спор и пыльцы в непрерывных разрезах в той или иной области аккумуляции. Названия палинозон даны по наиболее характерным видам; обычно это вид, имеющий максимальное распространение в данной зоне, и вид, впервые появляющийся в этой зоне и иногда имеющий наибольшее распространение в вышележащей зоне. Палинозона может соответ-

ствовать любым региональным стратиграфическим подразделениям — свите и ее частям, слою и его частям, а также объединять несколько свит и слоев. Она может соответствовать биостратиграфическому горизонту или его частям, отвечать ярусу или его частям, а иногда нескольким ярусам.

В 1983 г. Л. А. Панова дает обоснование стратиграфического расчленения палеогеновых и эоценовых отложений Северного Кавказа по палинологическим данным и приводит методику выделения стратиграфических подразделений. Основной особенностью этого метода она считает выявление в комплексе характерных таксонов (или стратиграфических индикаторов), которые имеют сравнительно узкий стратиграфический диапазон и широкое географическое распространение. Участие этих таксонов, по ее мнению, в комплексе может быть значительным и единичным, но в любом случае они характерны для строго ограниченного относительно кратко по времени геохронологического интервала. Если в выделяемом комплексе отсутствуют характерные таксоны, то основное значение приобретает определенная группа таксонов, каждый из которых может иметь широкий стратиграфический диапазон, но только в строго определенном интервале разреза они встречаются совместно и в определенных количественных соотношениях, что и обуславливает их неповторимость в разрезе. В разрезе палеоцена и эоцена Северного Кавказа Л. А. Пановой выделено семь палинокомплексов, хорошо обосновывающих расчленение этих отложений. Осадки палеоцена расчленены ею до яруса, осадки эоцена — до горизонта.

С. М. Бляхова в статье «Палинологический метод в разработке местных и региональных стратиграфических схем» (1983 г.) для палинологической характеристики региональных стратиграфических подразделений предлагает использовать термин «палинозона». Основой палинозоны, по ее определению, является комплекс руководящих и характерных таксонов одного эволюционного уровня, их количественные показатели и соотношения с исчезающими и появляющимися палиноформами. Возможность дробного расчленения рассмотрена в 1981 г. С. М. Бляховой на примере верхнего эоцена Устюрта и Кызылкума. При едином таксономическом составе палинофлоры верхнего эоцена отличительными признаками выделяемых трех руководящих групп пыльцы покрытосеменных она считает различные процентные соотношения этих групп в каждой палинолоне.

Таким образом, количественные различия руководящих таксонов одного эволюционного уровня в установленных палинолонах перерастают, по данным С. М. Бляховой, в качественные и позволяют проводить дробное расчленение верхнеэоценовых отложений и их корреляцию. С. М. Бляхова считает, что понятие «палинолона» по своему таксономическому объему уже понятия «палинокомплекс». Для характеристики палинолоны среди всего таксономического многообразия она выделяет ортостратиграфическую группу, а в ней комплексе руководящих таксонов. Их максимальное

содержание по отношению к выше- и нижележащим слоям, соотношение с исчезающими и появляющимися таксонами положены в принцип выделения палинолон.

В противовес доводам палинологов, обосновывающим палинозоны, Л. А. Қозяр считает, что выделение палинозон и эколого-географический анализ спорово-пыльцевых комплексов не дают четкого представления о естественных этапах развития флор, на которых должна базироваться стратиграфия. Она предлагает искать возможность рассмотрения палинологических данных с позиций характеристики флор прошлого, применив приемы анализа современных флор; использовать изучение систематической структуры и ботанико-географический анализ флоры (эндемизм возростающей, формационный и экологический анализ).

Е. В. Семенова в своей статье «К вопросу о выделении миоспор руководящих и характерных видов для стратиграфического расчленения и корреляции отложений» (1977 г.) так определяет таксоны, на основании которых ею производится расчленение мезозойских отложений Донбасса: это формы сравнительно небольшого вертикального и широкого горизонтального распространения. Их она называет руководящими. Давая характеристику руководящих видов, она считает, что при обычной количественной методике, применяемой при выделении комплексов, эти таксоны как бы растворяются на фоне часто встречающихся видов и иногда остаются незамеченными, а между тем именно такие виды могут служить показателем для детальных стратиграфо-корреляционных построений. Не менее важным для стратиграфического расчленения и корреляции отложений, по мнению Е. В. Семеновой, являются и характерные виды. Обычно в подстилающих отложениях и в кровле споры и пыльца характерных видов встречаются спорадически, а на отдельных уровнях фиксируется расцвет этих видов. При выделении руководящих, характерных и других (транзитных, сопутствующих) видов представляется возможным подсчитывать только количество экземпляров без процентного их содержания в комплексе, поскольку редко встречающиеся формы при подсчете процентов часто выпадают из комплекса.

Идея о явном преимуществе качественного состава спорово-пыльцевых комплексов перед количественными соотношениями компонентов изложена в докладе В. К. Тетерюка на III Международной палинологической конференции 1973 г., а также в его более поздней работе — статье «О соотношении качественного и количественного методов в палинологии», опубликованной в 1983 г. Он считает, что в каждом стратиграфическом подразделении можно выделить четыре категории видов, которые следует использовать при выделении подразделений и их корреляции; 1) впервые появляющиеся у нижней границы стратиграфического подразделения и переходящие в своем развитии в вышележащие отложения; 2) исчезающие у верхней границы стратона, развитые в нем и нижележащих отложениях; 3) характерные виды, встречающиеся в пределах границ выделенного стратиграфического подразделе-

ния (их количество будет зависеть от ранга стратиграфического подразделения); 4) транзитные виды — споры и пыльца широких диапазонов стратиграфического распространения, с помощью которых можно установить возраст осадков в пределах стратонтов высокого ранга (система, отдел, реже ярус), очень важных при использовании количественного метода в целях установления условий торфо- и осадконакопления.

Качественный анализ, по мнению В. К. Тетерюка, имеет явные преимущества в детальности расчленения толщ перед количественным. Зависимость процентных соотношений пыльцы и спор в спектрах от смены фациальных признаков пород, считает он, исключает возможность получения объективных критериев для установления рубежей стратиграфических подразделений; подчеркивает важность эталонных разрезов, построенных при послойном отборе и тщательной обработке наиболее полных в стратиграфическом отношении. Что касается количественного анализа, то он позволяет получить данные о закономерной смене групп растений в связи со сменой палеоэкологии и дает ценные результаты при изучении процессов торфонакопления и образования углей.

Интересны выводы и предложения С. С. Маныкина. Он предлагает под термином «спорово-пыльцевой комплекс» понимать видовой состав спор и пыльцы, а под термином «спорово-пыльцевой спектр» — процентное содержание отдельных видов в комплексе. В каждом проанализированном образце он выделяет и комплекс, и спектр. При стратиграфическом расчленении дочетвертичных отложений за основу он принимает спорово-пыльцевые комплексы (видовой состав спор и пыльцы), специфику флоры. Появление и вымирание отдельных форм в определенном регионе происходило на рубежах значительных изменений в условиях среды. Определяя границу между стратиграфическими подразделениями, считает, что наиболее целесообразно базироваться на выявлении новых видов и исчезновении некоторых старых, т. е. установить рубеж наиболее значительного изменения флоры. Такой подход отвечает позициям классической палеонтологии, а определение возраста по массовой встречаемости отдельных форм вообще неправомерно. Каждой из фаций будут соответствовать свои спорово-пыльцевые спектры, т. е. специфические количественные соотношения таксонов.

Г. М. Романовская и Н. В. Кручинина утверждают, что количественные показатели при расчленении разрезов дочетвертичных отложений по палинологическим данным необходимы. Применение количественного подсчета при выявлении общего систематического состава дает основание для более детального расчленения отложений. Как отмечают эти исследователи, при установлении общего состава флоры для определенных отрезков времени количественный подсчет зерен не обязателен. Как известно, по типу флоры возможно расчленение отложений до отдела. Однако во время существования одного типа флоры, свойственной одной и той же эпохе, состав растительных формаций и основных ассо-

циаций неоднократно меняется, что и является основанием для более детального стратиграфического расчленения. При количественном подсчете спор и пыльцы, по мнению Г. М. Романовской и Н. В. Кручининой, хотя и с долей условности, можно установить состав господствующих растительных ассоциаций в определенное время. Количественные показатели они предлагают представлять по следующей шкале (количество зерен на одном стекле):

доминанты — более 100 — в массе, 51—100 — очень часто, 26—50 — часто;

субдоминанты — 16—25 — нередко, 11—16 — мало;

сопутствующие — 6—10 редко, 1—5 — единично.

При этом важно учитывать степень насыщенности спорами и пылью по следующей градации: хорошая — более 200 зерен, средняя — от 100 до 200 зерен, слабая — от 50 до 100 зерен, плохая — до 50 зерен в одном препарате.

Большое значение количественным показателям при использовании данных спорово-пыльцевого анализа для стратиграфических целей придают Н. И. Фокина и М. А. Петросьянц.

Для юрских отложений территории Мангышлака Н. А. Тимошиной и Н. Я. Меньшиковой было установлено семь слоев с палинофлорой. Выделенные слои различны по объему, каждый из них стратиграфически соответствует ярусу, реже его части, иногда превышает объем яруса. Как основу при выделении слоев ими использована общая для всей территории направленность изменения систематического состава палинофлор и количественных показателей различных групп во времени. Группы эти относились к формам изученным, в основном к папоротникам с установленной систематической принадлежностью к определенным семействам; выявлены в них: руководящие и характерные формы, а также «доживающие», «впервые появляющиеся», «транзитные». Вслед за Д. Л. Степановым, Н. А. Тимошина и Н. Я. Меньшикова предлагают термин «характерные» употреблять в следующем смысле: формы, появляющиеся в подстилающих и исчезающие в вышележащих отложениях, но встречающиеся в данном горизонте чаще и в большом количестве, что отражает их расцвет, отвечающий времени его образования.

На основании проведенного анализа юрских спорово-пыльцевых комплексов Мангышлака ими установлено, что наиболее многочисленной категорией в них являются именно характерные формы. Категория руководящих форм оказалась очень немногочисленной.

Таксоны, служащие характерными для какого-то стратиграфического уровня, не всегда и не обязательно являются доминантами в комплексах, их присутствие может колебаться в значительных пределах по территории региона. Однако на рассматриваемом стратиграфическом уровне их содержание всегда было максимальным по отношению к выше- и нижележащим отложениям. Название выделенным слоям давалось по нескольким (чаще всего трем) характерным таксонам различного ранга, либо по двум характер-

ным и одному руководящему, «впервые появляющемуся» или «доживающему». Располагались они в порядке их количественного участия относительно друг друга в региональном усредненном палинологическом комплексе.

Интересный и большой материал, имеющийся у палинологов СНИИГГиМСа, позволивший проследить основные закономерности в изменении спорово-пыльцевых комплексов на значительной части территории Западно-Сибирской равнины, изложен в целом ряде публикаций. Так, в работе 1971 г. Л. Г. Марковой и Ю. В. Тесленко «О некоторых проблемах стратиграфического расчленения континентальных толщ мезозоя и кайнозоя Западной Сибири по данным палинологии» отмечается, что из анализа обширного палинологического материала на различных территориях Сибири и некоторых прилежащих областей очевидно, что кардинальные переломные моменты в эволюции животного мира морей и растительного царства не совпадают во времени. В Бореальной области граница между триасовым и юрским периодами отмечена в классе головоногих моллюсков, по которым проведено стратиграфическое расчленение мезозоя, обновлением фауны на уровне отрядов. Ранг же изменений в систематическом составе наземной флоры здесь настолько незначительный, что о комплексах Сибирской палинофлористической области часто говорят как о рэт-лейасовых. Граница между юрой и мелом на тех же территориях в морских отложениях отмечается изменением состава аммонитов на уровне надсемейства: различия же в систематическом составе юрских и раннемеловых спорово-пыльцевых комплексов незначительны и охватывают только видовой, реже родовой состав. Известны случаи, когда спорово-пыльцевые комплексы настолько сходны, что по ним граница между ярусами не прослеживается (бат—байос, готерив—баррем, апт—альб Западной Сибири).

Известно, что в верхних горизонтах альбского яруса происходит обновление флоры на уровне класса, появляются первые покрытосеменные, хотя фауна головоногих моллюсков на границе среднего и позднего альба меняется лишь на уровне рода. Как считают Л. Г. Маркова и Ю. В. Тесленко, в палинологической литературе часто за этапы в развитии флоры принимаются смены фациальных комплексов в каком-либо определенном районе, происходившие под влиянием местных изменений условий внешней среды, что отражалось появлением или исчезновением на данной территории тех или иных высокоспециализированных групп растений. Проведение стратиграфического расчленения континентальных толщ на отделы и ярусы в этом случае может привести к ошибкам. Ими указывается на обязательность сопоставления установленных этапов развития флор в континентальных толщах с таковыми в смежных районах в пределах одной палеофлористической области по отложениям, возраст которых установлен по морской фауне. Состав палинофлор контролируется изменениями фауны. Привязка комплексов к подразделениям общей стратиграфической шкалы позволяет выявить те временные уровни, которые

флора прошла без видимого изменения в систематическом составе, или они в исследуемом районе были отмечены фациальным комплексом. Для выявления степени отличий в систематическом составе последовательных спорово-пыльцевых комплексов важно установить, в каком таксономическом ранге и в каких пределах наблюдаются эти различия. Л. Г. Маркова и Ю. В. Тесленко для вычисления математического выражения показателя различия между спорово-пыльцевыми комплексами предложили формулу, где принимается во внимание количество общих равнозначных таксонов в сравниваемых комплексах. Как считают эти исследователи, если спорово-пыльцевые комплексы отражают один этап развития флоры, то показатель различия не будет превышать 50 %.

Более поздняя работа палинологов СНИИГГиМСа «Палинокомплексы в отложениях мезо-кайнозоя Западной Сибири», опубликованная в 1977 г., посвящена принципам расчленения мезозойских и кайнозойских отложений Западной Сибири и терминологии наиболее важных таксонов. Ее авторы предлагают пользоваться решением Тюменского коллоквиума 1967 г., где указывалось, что палинокомплексам следует давать название по руководящим видам, а также видам, характерным для региональных стратиграфических подразделений (свиты, горизонты). В названиях комплексов, по их мнению, в известной степени отражена эволюция флоры. Отложения, охарактеризованные этими комплексами, соответствуют одному-двум ярусам. Принимая во внимание систематический состав комплексов, они также учитывали и количественное содержание таксонов.

Рассматриваемым вопросам посвящены работы палинологов ИГиРГИ Е. Н. Дубровской и Л. В. Ровниной. Е. Н. Дубровской использован при расчленении континентальных отложений юры Средней Азии статистический метод расчленения геологических объектов. Ею предлагаются варианты расчленения разрезов по следующим показателям: 1) по полному набору признаков (компонентов комплексов); 2) по компонентам, объединенным в морфологические группы; 3) по спорам и пыльце (без учета водорослеподобных зерен и спор грибов (?); 4) по водорослеподобным формам и спорам грибов (?); 5) по общему количеству спор и пыльцы (без подразделения на роды и виды); 6) с учетом содержания в породах следующих минералов: монтмориллонита, смешанослойных образований, глини, хлорита, каолинита, галлуазита, пирита; 7) по свитам с учетом данных по перекрывающим и подстилающим отложениям; 8) без учета отдельных компонентов и однородных морфологических групп.

Данные, полученные после обработки палинологического материала на ЭВМ, позволили Е. Н. Дубровской подтвердить стратиграфические границы, установленные обычными методами интерпретации палинологических данных, выделить дополнительные границы, указывающие на смену фациальных обстановок, получить более четкие коэффициенты разграничений. По ее мнению, использование статистического метода в палинологии дает обнадежива-

ющие результаты для применения его в детальной стратиграфии и корреляции разрезов.

Л. В. Ровнина считает, что важное значение для стратиграфии имеет появление новых таксонов. Наиболее рекомендуемыми критериями являются:

1) выделение руководящих компонентов в комплексах спор и пыльцы не из числа доминирующих таксонов, а из тех, которые хотя и содержатся в небольшом количестве, но широко распространены по площади в разнофациальных отложениях (это позволяет использовать их для широкой межрегиональной корреляции);

2) установление палеогеографической обстановки времени формирования отложений в данном регионе по преобладающим таксонам в комплексе;

3) использование «вспышек» отдельных компонентов для внутрирайонной корреляции при уточнении положения синхронных пачек и пластов.

Такие «вспышки» обнаружены Л. В. Ровниной в нижнемеловых отложениях района Широтного Приобья. Ею была изучена приуроченность спор морфологического типа *Aequitriradites* к определенным пластам разреза отдельных скважин (с наиболее полным отбором керна). На эти споры выбор пал не случайно, они имеют очень характерные признаки. При исследовании разрезов центральных районов Западной Сибири было отмечено внезапное увеличение количества спор типа *Aequitriradites* в спектрах барремских отложений. Иногда эти «вспышки» прослеживались в двух-трех спектрах, чаще в одном. Видимо, слон, в которых захоронялись споры *Aequitriradites*, были небольшими по мощности (до 20 м). Спектры с этими спорами удалось проследить на территории двух сводов — Сургутского и Нижневартовского — в одних и тех же частях разреза, что позволило провести корреляцию пластов группы «А» по разрезам этих сводов. Таким образом, «вспышки» могут быть использованы для внутрирайонной, площадной корреляции отложений.

При поярусном расчленении отложений большое значение Л. В. Ровнина придает и количественному содержанию таксонов в комплексе. Одним из главных признаков, который следует учитывать при расчленении отложений неокома, по ее мнению, является заметное усиление в валанжине роли схизейных; появление ребристых спор в значительных количествах может служить коррелятивным признаком. Позднее она дает более развернутую методику выделения стратиграфических подразделений и их корреляции по палинологическим данным. При интерпретации палинологических данных ею предлагается комплексное использование методик: определение фауны аммонитов и фораминифер (при послойном изучении), установление стратиграфического значения содержания руководящих спор и пыльцы, определение палеоэкологических закономерностей в развитии организмов, применение статистических методов и т. д.

Вслед за А. С. Либровичем А. В. Ровнина считает, что появление, становление и расцвет различных представителей фауны и флоры тесно связаны с их эволюционным развитием и условиями обитания. По появлению и становлению форм выделяются важные стратиграфические таксоны, по расцвету — коррелятивные. Л. В. Ровнина считает также, что детальное (ярусное) расчленение разрезов на основании палинологических данных возможно; для этого, кроме тщательного изучения систематического состава спорово-пыльцевых комплексов и выявления руководящих и коррелятивных таксонов, необходим учет всех факторов, могущих пролить свет на время и условия формирования осадков. Немалое значение ею придается количественному содержанию компонентов, хотя, как и в прежних своих работах, по ее мнению не всегда надежно и не всегда стратиграфически важно выделять руководящие компоненты в палинологическом комплексе по их преобладанию. Изучение закономерностей распространения и процентного содержания каждого компонента в надежно датированных отложениях позволяет выделять руководящие компоненты. К числу руководящих компонентов для отложений берриаса, валанжина и готерива Западно-Сибирской равнины Л. В. Ровнина относит группу спор схизейных с ребристой экзиной. Поярусное расчленение отложений перечисленных ярусов проведено ею по процентному содержанию этих спор. В барреме содержание группы спор схизейных с ребристой экзиной становится еще более значительным, а иногда доминирующим. По стратиграфическому значению появление и становление спор схизейных с ребристой экзиной сравниваются Л. В. Ровниной с появлением и становлением пыльцы покрытосеменных растений.

Руководящие компоненты предлагается использовать для межрегиональной корреляции отложений. Преобладающие (доминантные) компоненты, устойчиво сохраняющие свое положение в палинологическом комплексе на протяжении одного и более ярусов, определяют палеогеографическую обстановку. Относительно кратковременное, но резкое увеличение процентного содержания каких-либо компонентов свидетельствует о локальных изменениях.

Значительное количество работ, включающих вопросы стратиграфического расчленения отложений мезозоя Западной Сибири, принадлежит палинологам В. И. Ильиной и А. Ф. Хлоновой.

А. Ф. Хлонова считает, что пыльца и споры, обнаруженные в отложениях, неодинаковы по своему значению для решения трех взаимосвязанных задач — расчленения, корреляции и определения возраста отложений. Количественное содержание различных групп и спор и пыльцы часто зависит от фациальных особенностей и поэтому может быть использовано при стратификации местных разрезов. Возраст спорово-пыльцевых комплексов определяется обычно на основании сравнения его состава с составом комплексов, которые изучены в отложениях, надежно датированных морской фауной. Известно, что обилие каждого таксона спор и пыльцы связано не только со временем расцвета растений, их продукци-

рующих, но и с условиями накопления осадков и формирования спорово-пыльцевого комплекса.

Возраст спорово-пыльцевых комплексов в континентальных образованиях может быть установлен сопоставлением с комплексами из отложений, датированных фауной не по доминирующим таксонам, а по таким общим компонентам, которые в стратиграфической колонке занимают небольшой интервал и хорошо различаются по морфологическим признакам среди прочих видов спор и пыльцы. Такие виды А. Ф. Хлонова называет руководящими. Она считает, что в меловых отложениях роль руководящих таксонов выполняют споры и пыльца формальных родов. Другие виды она относит к контролирующим формам.

В спорово-пыльцевых комплексах имеются также появляющиеся в рассматриваемом стратиграфическом подразделении, доживающие и транзитные виды. Типично руководящих видов мало.

В. И. Ильина [14] отмечает, что биозоны многих юрских родов и видов спор и пыльцы охватывают интервалы, равные нескольким отделам и даже всей системе, и могут служить критерием для выделения крупных стратиграфических подразделений. Эффективным методом при детальной корреляции юрских отложений является прослеживание эпиболидного или нескольких характерных видов, понимаемых по Д. А. Степанову. По максимуму развития — эпиболи — одного или группы характерных таксонов, приуроченных к определенному стратиграфическому интервалу, возможна корреляция синхронных отложений различного масштаба; региональная, межрегиональная, внутри одной и реже нескольких фитохорий и очень редко межконтинентальная. При анализе палинологических комплексов наряду с максимумом ею учитывалось также время появления и исчезновения отдельных видов или группы таксонов. В. И. Ильиной на примере юры Сибири показано, что детальность расчленения отложений палинологическим методом зависит в значительной степени от частоты перестроек флоры, обусловленных изменениями климатических условий.

Принципы расчленения и корреляции угленосных отложений рассмотрены в специальном разделе настоящей книги М. В. Ошурковой. Критерием общности спорово-пыльцевых комплексов при корреляции, по ее мнению, служат виды-индексы, характеризующие лону. Один из них — вид-доминант, господствующий во всех комплексах, второй — характерный вид. Характерным видом может быть вид, распространение которого ограничено данным интервалом разреза, вид впервые появляющийся или заканчивающийся здесь свое существование. По виду-доминанту и характерному виду предлагается палинологическое наименование лоны.

Палинологи С. И. Пуртова, Н. К. Глушко, В. Г. Стрепетилова и другие, опубликовавшие в 70—80-х годах ряд статей, при детальном расчленении мощной толщи мезозойского платформенного чехла Западно-Сибирской равнины широко использовали метод сопоставления спорово-пыльцевых комплексов с «эталонными», полученными из мацератов образцов, содержащих руководящую

фауну. «Эталонные» комплексы характеризовались наличием руководящих и характерных таксонов, а также определенными количественными соотношениями компонентов, слагающих их. Определение руководящих и характерных таксонов принималось ими по Д. П. Степанову [35]. Для отложений нижнего мела в качестве определяющих таксонов они принимали споры семейств *Schizaeaceae* и *Gleicheniaceae*, для верхнего мела — пыльцу покрытосеменных. Появление или исчезновение отдельных видов или родов, их расцвет, количественные соотношения с другими компонентами использовались ими для целей дробного расчленения и корреляции разрезов. Количественным соотношениям таксонов спорово-пыльцевых комплексов указанные исследователи придают немаловажное значение. Несмотря на то что часто «доминанты» не являются определяющей группой таксонов, фиксирование количественных соотношений таксонов в каждом спектре проводилось обязательно. Непрерывная цепь спектров по разрезу помогает выявлять появление, расцвет и угасание видов и родов и установить определенную фазу развития флоры. Кроме того, «доминанты» не всегда отражают только влияния фаций. К примеру — на территории Западно-Сибирской равнины в отложениях неокома северо-восточной части в спорово-пыльцевых спектрах доминируют споры *Coniopteris* и *Leiotriletes*, в северо-западной и западной частях — споры *Gleicheniaceae*. В этом отражено влияние на состав спорово-пыльцевых комплексов существующей в раннемеловое время растительности двух флористических областей: Канадско-Сибирской и Европейско-Синийской.

Приведенный краткий обзор применяемых методов выделения стратиграфических подразделений и их корреляции показал, что при решении задач, определенных требованиями стратиграфии, существуют значительные различия в терминологии и методике исследований. Кроме того, таксонам с одним и тем же наименованием различные исследователи придают неодинаковое смысловое значение. Особенно это относится к таксонам, называемым «характерными».

Давая характеристику таксонам, как имеющим узкое вертикальное и широкое горизонтальное распространение, одни авторы называют их руководящими, другие — характерными. Иногда называют руководящими таксоны, имеющими узкое вертикальное распространение и обильное их присутствие. По мнению одних исследователей, качественный анализ имеет явные преимущества в детальности расчленения толщ перед количественным; другие считают, что эволюционные изменения флоры не могут служить для детального расчленения, и здесь не последняя роль принадлежит именно количественным показателям.

Рассматривая процесс интерпретации палинологических данных, можно наметить его определенную последовательность.

Задаваясь целью возможно дробного расчленения и детальной корреляции отложений, вероятно, можно говорить о двух уровнях детальности построений.

Первый — основан на наблюдении уровня в эволюционном развитии флоры, отображенной спорово-пыльцевыми комплексами; комплексы указывают на определенный этап в эволюционном развитии флоры. Поскольку этапы в развитии флоры охватывают значительный отрезок времени, то и детальность расчленения сравнительно невысока (до отдела или его части).

Второй уровень детальности расчленения и корреляции отложений учитывает изменения в составе растительных ассоциаций внутри одного этапа развития флоры. Большая часть исследователей считает, что существенные перестройки растительного мира связаны с планетарными явлениями и могут отражать смену времен. Закономерно сменяющиеся спорово-пыльцевые комплексы, даже отражающие один и тот же этап в эволюционном развитии флоры Земли, но отличающиеся между собой по исчезновению или появлению отдельных видов или их групп, отдельных родов и по количественным соотношениям компонентов, могут служить основанием для детального расчленения разрезов. Обычно это достигается внутри региона при комплексном подходе, включающем данные, имеющиеся по определению фаунистических остатков, крупномерных остатков растений, по учету вещественного состава осадков и фациальных условий, флористической дифференциации, существовавшей в рассматриваемый промежуток времени. Как правило, полученные спорово-пыльцевые комплексы почти всеми исследователями сопоставляются с типовыми или «эталонными».

Какие же таксоны являются определяющими при расчленении и корреляции отложений? Предпочтение отдается тем, которые имеют узкое временное и широкое территориальное распространение. Однако само это определение несколько противоречиво. Ведь чем мельче стратиграфическое подразделение, тем ниже ранг таксона, являющегося определяющим, и тем меньше возможность его очень широкого территориального распространения. Поэтому, как правило, детальное расчленение по определенным таксонам имеет место на сравнительно небольших территориях (район, регион).

Более широкое распространение имеют таксоны более высокого ранга (род, семейство), но характеризуют они стратиграфические подразделения более широкого возрастного диапазона. Так, споры семейства *Schizaeaceae*, известные из многочисленных точек земного шара, типичны для отложений нижнего мела в целом, особенно неокома. Отдельные же виды родов этого семейства или определенные количественные показатели содержания их могут характеризовать в различных районах более мелкие стратиграфические подразделения этого отдела. Следовательно, при расчленении и корреляции отложений необходимо выявить таксоны, указывающие на определенный этап развития флоры на земном шаре и установить таксоны или характерные группировки их, свойственные возможно дробным стратиграфическим подразделениям в отдельных районах и регионах. В первом случае это будут таксоны высокого ранга (семейства, роды), характеризующие довольно

крупные стратиграфические подразделения, во втором — ранг таксонов будет равен виду или роду и может использоваться для дробного расчленения отложений.

Так как споры и пыльца являются палеонтологическими объектами, предлагается использовать терминологию, применяемую в палеонтологии.

Довольно полное определение форм, составляющих характеристику фаунистического (флористического) комплекса, дает Д. Л. Степанов [34]. Он выделяет следующие элементы:

1) руководящие формы — присутствующие только в данном стратиграфическом подразделении и не переходящие в сопредельные подстилающие и покрывающие отложения. Число форм, свойственных только данному горизонту, т. е. руководящих, обычно бывает невелико и процент их по отношению к общему составу фаунистического или флористического комплекса чаще всего незначителен. Среди форм, имеющих небольшое вертикальное распространение, или руководящих, различаются обычные, встречающиеся иногда в массовом количестве, и редкие, представленные единичными экземплярами. Наибольшее значение имеют часто встречающиеся руководящие формы;

2) характерные формы — появляющиеся в подстилающих и исчезающие в вышележащих отложениях, но встречающиеся в данном горизонте чаще и в большем количестве, что отражает их расцвет, отвечающий времени его образования;

3) впервые появляющиеся формы — впервые появляющиеся в данном стратиграфическом подразделении и переходящие в вышележащие слои;

4) формы «доживающие», т. е. переходящие из нижележащих слоев в рассматриваемую толщу, для которой они могут быть характерными;

5) транзитные — формы с большой амплитудой стратиграфического распространения, проходящие через ряд горизонтов, не обнаруживающие четко выраженного преобладания в одном из них.

Позднее им дается расширенная характеристика руководящих форм [35]. Суть состоит в том, что корреляция отложений проводится по находкам строго определенных ископаемых, которые приурочены к одновозрастным слоям и мало зависят от фаций.

Как следует из самого определения руководящих форм [35], они должны иметь относительно узкие стратиграфические диапазоны, очень широкие ареалы, встречаться в слоях, разнообразных по своему вещественному составу, т. е. мало зависеть от фаций, часто встречаться и обладать характерными морфологическими признаками, которые обеспечивают быстрое и однозначное их определение. Руководящими могут быть лишь представители быстро эволюционирующих групп, которые часто имеют очень ограниченные ареалы (эндемики).

Д. Л. Степанов и М. С. Месежников [35] указывают, что при детальных стратиграфических исследованиях известны многочисленные случаи, когда формы, имеющие узкое стратиграфическое

значение в одном районе, являются руководящими для другого подразделения в другом районе. Существенным недостатком, ограничивающим использование руководящих форм, является приуроченность их к определенным палеобιοгеографическим провинциям и областям. Формы, пользующиеся планетарным распространением, составляют ничтожное исключение из всей массы палеонтологического материала. Поэтому, как правило, руководящие формы могут эффективно использоваться в пределах более или менее ограниченной территории.

Авторы упомянутой работы предостерегают исследователей, призывая их к осторожному и критическому подходу к руководящим формам. Выбору какого-либо вида в качестве руководящего, считают они, непременно должны предшествовать тщательные проверки его стратиграфических диапазонов в частных разрезах и анализ степени зависимости этого вида от фаций. Точно также при исследовании другого региона требуется проверка стратиграфической приуроченности руководящих форм, установленных ранее.

Д. Л. Степанов и М. С. Месежников считают, что несмотря на важность и чрезвычайно широкое использование руководящих форм, их роль при корреляции разрезов представляется теперь менее значительной, чем несколько десятилетий назад.

Наибольшее значение для выделения дробных стратиграфических подразделений имеют характерные таксоны и группы этих таксонов. В пределах времени, соответствующего одному этапу в развитии флоры, зарождаются, расцветают и угасают растения отдельных видов, родов и семейств. Фиксирование цикла их существования дает возможность деления времени этапа развития флоры. Характерные формы — это формы, достигающие максимального расцвета в пределах рассматриваемого стратона. Они используются при детальном расчленении и корреляции внутри регионов, а также при межрегиональной и в отдельных случаях межконтинентальной корреляции. Однако при корреляции удаленных разрезов, вероятно, ранг характерных таксонов и стратиграфических подразделений увеличивается.

При детальном расчленении и корреляции играют роль и так называемые «впервые появляющиеся» и «доживающие формы». Они рассматриваются в сочетании с руководящими и характерными таксонами.

Решая вопросы стратиграфии, необходимо помнить о том, что степень детальности биостратиграфических построений прямо пропорциональна степени детальности таксономии ископаемых организмов. Для палеопалинологии и в особенности для мезозоя, это чрезвычайно актуально, так как «номенклатурный хаос» здесь еще далеко не преодолен. Монографические описания мезозойских спор и пыльцы, сделанные строго по всем правилам, предусмотренным для палеонтологических объектов и с соблюдением канонов Международного кодекса ботанической номенклатуры, значительно увеличат число стратиграфических таксонов и повысят возмож-

ности палинологического метода для детализации расчленения и корреляции отложений.

При детальном палинологическом исследовании на отдельных территориях важно соблюдать последовательность проведения основных операций: от расчленения частных разрезов на основе изучения в них микрофитофоссилий к их корреляции между собой и выделению по палинологическим данным стратонов к сопоставлению последних с хроно-стратиграфическими подразделениями стандартной стратиграфической шкалы.

Начиная исследование, палинолог должен иметь представление (хотя бы самое общее) о возрасте изучаемых отложений и принадлежности района к определенной палеофлористической области. Расчленение и корреляцию разрезов следует производить на основании уровней изменения состава палинологических комплексов без «подтягивания» к лито- или хроностратиграфическим границам. Эти уровни совсем не обязательно должны совпадать с литостратиграфическими (границами свит, пачек), иногда они могут проходить внутри них, что вполне естественно, так как развитие живой и неживой природы происходит не всегда синхронно. Они не всегда и не обязательно совпадают с другими био-стратиграфическими границами и не следует стремиться к их обязательному совмещению, ибо различные организмы развивались с неодинаковой скоростью и по-разному реагировали на изменение физико-географической обстановки. Границы стратиграфических подразделений, установленные по палинологическим данным (так же как по любым другим ископаемым формам), в каком-либо конкретном регионе, почти никогда не удается точно скоррелировать с границами того или иного хроностратиграфического подразделения. Датируя региональное стратиграфическое подразделение по палинологическим данным, мы лишь устанавливаем его принадлежность к ярусу, отделу или другому подразделению общей шкалы и фиксируем тем самым присутствие в данном регионе синхронных (или почти синхронных) им отложений.

Правильнее присваивать палинологическим комплексам названия исходя из их собственных особенностей (лучше всего по типичным таксонам), или обозначать какими-либо символами (цифрами, буквами), а затем указывать, что данный комплекс характеризует отложения того или иного возраста.

Последовательные стадии проведения палинологического анализа от изучения спор и пыльцы в отдельном образце до стратиграфических построений таковы. Начальным этапом является установление систематического состава и количественных показателей микрофитофоссилий в отдельных образцах одного частного разреза. Полученные для каждого образца результаты большинством палинологов обозначаются термином «спорово-пыльцевой спектр». Далее следует выявление сходных «спектров» и объединение их в комплексы, приуроченные к определенным интервалам данного разреза. На следующей стадии исследования в результате изучения состава и количественного участия микрофитофоссилий по

нескольким разрезам выявляются сходные комплексы, приуроченные к определенным интервалам сводного разреза региона. Их принято именовать палинологическими комплексами с добавлением названий типичных таксонов. Наконец, прослеживание комплексов с типичными таксонами в многочисленных разрезах региона, характеризующих осадки различного литологического состава (принадлежащие разным группам фаций), позволяет установить стратиграфические подразделения, которые называются по тем же типичным таксонам, что и присущий им комплекс. Например, в низах верхней юры Западного Казахстана был прослежен комплекс *Classopollis*, что позволило выделить здесь слои с *Classopollis*. Последним этапом проведения палинологического анализа является датировка выделенного стратона. Если он установлен в морских осадках, содержащих фауну, то она и является критерием для установления возраста. При отсутствии руководящей фауны в них или в случае континентальных отложений (о которых речь будет идти отдельно) датировка осуществляется путем сопоставления присущего стратону типичного палинологического комплекса с эталонными комплексами из синхронных фаунистически охарактеризованных отложений смежных регионов.

Выделение и прослеживание типичных палинологических комплексов, отражающих определенные этапы изменения флоры в пределах единой палеофлористической области, обусловлено законом палеонтологической сукцессии. Здесь находит свое отражение в первую очередь процесс эволюционного развития, а также процессы миграции, связанные с изменениями физико-географических условий. Заметную роль играют сугубо геологические причины (трансгрессии, размывы и т. п.).

Критериями установления определенных уровней изменения качественного и количественного состава комплексов служит сумма признаков: учет руководящих и характерных форм, появление новых форм, максимальное присутствие тех или иных таксонов, исчезновение отдельных таксонов, увеличение видового разнообразия.

Определенные по палинологическим данным детальные стратиграфические подразделения могут соответствовать зонам, ярусам. Как уже было рассмотрено в разделе «Стратиграфические подразделения и их обоснование», авторы не рекомендуют пользоваться термином палинозона. Выделение же биостратиграфических зон по пыльце и (или) спорам вполне оправдано.

Нередко по палинологическим данным устанавливают вспомогательные биостратиграфические подразделения — слои (с палинофлорой). Кодексом слои рекомендуются как термин свободного пользования: слои с фауной (флорой) — отложения, содержащие остатки организмов или сложенные ими [37]. Для их выделения специальные обязательные правила или ограничения Кодексом не предусматриваются. Слои могут иметь любой стратиграфический объем; они не должны обязательно без перерыва сменять в разрезе друг друга, а могут разделяться толщами, не охарактеризо-

ванными палеонтологическими остатками; их выделение может быть основано не только на видовых, но и на таксонах более высокого ранга. Выделение слоев в последние годы находит все более широкое применение в практике палиностратиграфических исследований. Слои называются обычно по одному или нескольким появляющимся или максимально присутствующим таксонам (видам, родам, реже таксонам более высокого ранга). Значительная часть палинозон, установленных к настоящему времени различными авторами в разных отложениях, представляет по своей сути слой с палинофлорой.

В региональные стратиграфические схемы включаются названия зон, палинологических комплексов или слоев, определенных по пыльце и (или) спорам; в описание характеризующих их типичных комплексов следует включать лишь основную наиболее стратиграфическую группу таксонов: руководящих, характерных, впервые появляющихся и максимально представленных, а также называть исчезнувшие таксоны (по сравнению с предыдущим комплексом).

РАСЧЛЕНЕНИЕ И КОРРЕЛЯЦИЯ МОРСКИХ ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Особенностью спорово-пыльцевых комплексов, извлекаемых из осадочных пород морского генезиса, является их аллохтонность. Они представлены спорами и пыльцой растений, принесенными воздушными и водяными потоками иногда с очень удаленных участков.

На формирование состава этих комплексов влияет много различных факторов: 1) состав флоры участков суши, являющейся областью питания для рассматриваемого седиментационного бассейна; 2) различная способность отдельных видов и родов спор и пыльцы растений к переносу воздухом и водой; 3) расстояние от береговой линии и др.

По сравнению с одновозрастными спорово-пыльцевыми и комплексами из континентальных отложений в морских осадках количественное соотношение компонентов в серии вертикально отобранных образцов как бы усреднено. По мере удаления от берега состав комплексов обедняется.

Для мацератов образцов из морских осадочных пород кроме спор и пыльцы растений характерно также наличие акритарх, цист динофлагеллат, обрывков растительных тканей, углефицированных растительных остатков, аморфных частиц. При исследовании этих пород применяется комплексный метод, включающий использование данных, полученных при определении фауны аммонитов, пелеципод, радиолярий, фораминифер, водорослей, спор грибов, различных акритарх, цист, спор и пыльцы высших растений. Привлекаются также сведения по составу пород, геофизических характеристик их и другие данные, могущие быть полезными при стратификации отложений.

При датировке морских отложений по палинологическим данным широко проводится сопоставление получаемых спектров и комплексов с таковыми, обнаруженными совместно с остатками характерной фауны. Расчленение мощной толщи морских осадочных отложений и корреляцию стратиграфических подразделений рассмотрим на примере нефтеносных отложений верхней юры и неокома Западно-Сибирской равнины.

Особенностями Западно-Сибирской равнины как крупного седиментационного бассейна являются большая мощность отложений платформенного чехла и закрытость района. Коренные породы выходят на дневную поверхность только в прибортовых частях равнины.

Несмотря на большое количество глубоких скважин, пробуренных на территории Западно-Сибирской равнины, охарактеризованность разреза мезозойских отложений фауной аммонитов и крупномерными остатками растений остается недостаточной. Это положение в первую очередь объясняется малым диаметром керна, извлекаемого из стволов скважин, неполным отбором его и наличием в разрезе мезозоя мощных толщ осадков, лишенных остатков фауны. Указанное обстоятельство усиливает роль палинологических данных, являющихся дополнительными, а иногда единственными материалами для обоснования стратификации юрских и меловых отложений этого обширнейшего региона.

Юрские и меловые отложения Западной Сибири характеризуются значительной латеральной литологической изменчивостью и многочисленностью структурно-фациальных зон, на что указывает наличие большого количества свит и толщ. Существование в позднеюрское и раннемеловое время на территории Западной Сибири растительности двух различных флористических областей, разнообразие условий формирования отложений и спорово-пыльцевых комплексов заставило палинологов выявить так называемые «эталонные» спорово-пыльцевые комплексы для каждого из выделенных районов. Работа по исследованию и интерпретации таких комплексов проводилась палинологами ЗапСибНИГНИ в течение многих лет. Из образцов пород, содержащих фауну аммонитов, реже характерные комплексы фораминифер, изучались спорово-пыльцевые комплексы всех районов Западно-Сибирской равнины. В результате анализа комплексов установлено их различие как по разрезу, так и по площади. Существенные изменения состава комплексов во времени отражают этапы развития флоры, равные по времени эпохе или ее части. Такие изменения можно предположить на рубеже средней и поздней юры. В отложениях этого возраста на северо-западе и западе равнины обнаружены споры глейхениевых и пыльцы *Sciadopitys affluens* (Bolch.) Rovn., на юге — пыльцы *Classopollis* и спор *Densoisporites velatus* Weyl et Krieg. Спорово-пыльцевые комплексы отложений поздней юры существенно омоложены по сравнению со среднеюрскими, что проявляется в почти полном исчезновении из спектров спор и пыльцы древних форм и в обогащении его представителя-

ми спор семейств *Gleicheniaceae*, *Dicksoniaceae*, пыльцы *Sciadopitys*, *Classopollis* и появлением в конце поздней юры спор схийейных (с ребристой экзиной), получившим широкое развитие в раннемеловое время.

Юрская флора Западной Сибири вплоть до келловейского времени была типично полихронной и входила в единую Сибирскую палеогеографическую область. Об этом свидетельствуют и спорово-пыльцевые комплексы ранней и средней юры, отличающиеся однообразным составом компонентов. В позднеюрское время растительность развивалась в различных палеогеографических условиях и принадлежала двум палеофлористическим областям: Европейско-Синийской и Канадско-Сибирской.

Раннемеловая флора характеризуется дальнейшим развитием папоротников нескольких семейств. Представителями флоры этого времени являются папоротники сем. *Schizaeaceae*. Если споры папоротников данного семейства в отложениях юры представлены единственными экземплярами, то в спорово-пыльцевых комплексах нижнемеловых отложений они становятся постоянными компонентами. Схийейные папоротники быстро расселялись по всей территории равнины и представляли наиболее характерную группу флоры раннего мела. На наличие во флоре раннего мела большого количества схийейных папоротников указывает постоянное присутствие их спор в отложениях любого генезиса и любого района территории Западно-Сибирской равнины. Сведения, полученные из многочисленных публикаций о присутствии спор схийейных в отложениях нижнего мела других регионов, дают основание рассматривать их как руководящие таксоны. Кроме спор с ребристой скульптурой (*Cicatricosisporites*, *Apendicisporites*), ими могут быть и споры, сопоставляемые со спорами родов *Lygodium* (*Trilobosporites* и *Pilososporites*) и *Klukia* (*Klukisporites*). И хотя зарождение папоротников, продуцирующих споры последних двух родов, относится к еще более раннему времени, чем папоротников, имеющих споры с ребристой экзиной, наибольшего расцвета они достигают тоже в раннемеловое (неокомское) время. Характерно и то, что, появляясь в больших количествах в раннемеловое время, они уже теряют свое главенствующее положение к середине позднего мела.

Другим семейством, характеризующим раннемеловую флору Западной Сибири, является *Gleicheniaceae*. Эти папоротники, зародившись в юрское время, наибольшего расцвета достигают также в меловое время. Однако ареал распространения их более узкий, чем сем. *Schizaeaceae*. Если споры схийейных характерны для неокомских отложений всей территории Западно-Сибирской равнины, то глейхениевые в больших количествах отмечаются только в отложениях неокома западной части равнины — на территории, где сказывалось влияние растительности Европейско-Синийской области. Новыми элементами спорово-пыльцевых комплексов в отложениях нижнего мела являются споры печеночников (*Aequitriradites*), имеющих широкое распространение в осадках

неокома. Значительное участие во флоре раннего мела принимают голосеменные — гинкговые, сосновые, хейролепидиевые, что подтверждается наличием большого количества их пыльцы в спорово-пыльцевых комплексах. Проходящими (транзитными) являются споры осмундовых, кониоптерис и некоторые другие. На рубеже барремского и аптского времени происходит перестройка флоры, в связи с изменением границ между флористическими областями.

Аптское время характеризуется участием в спорово-пыльцевых комплексах покрытосеменных. Наибольшего разнообразия достигают споры глейхениевых. Сглаживается резко выраженная в неокоме фитогеографическая дифференцированность Западной Сибири.

Крупные этапы в развитии флоры и растительности Западно-Сибирской равнины, связанные с эволюцией растительного мира и прослеженные по изменениям руководящего состава спорово-пыльцевых комплексов, позволяют исследователям произвести расчленение разреза до отдела или его части (верхняя юра, неоком, апт—альб).

Более дробное расчленение и более детальная корреляция разрезов как юрских, так и нижнемеловых отложений производились с привлечением дополнительных критериев: процентных соотношений слагающих спорово-пыльцевой комплекс компонентов, присутствия характерных зерен микрофитопланктона, принадлежности рассматриваемого района к той или иной палеофлористической области и провинции, физической характеристики разреза вмещающих отложений и др.

На территории Западно-Сибирской равнины в позднеюрское время по палинологическим данным выделяется пять районов: 1) Полярное и Приполярное Зауралье, 2) западный, 3) центральный, 4) Чулымо-Енисейский, 5) северо-восточный.

Одновозрастные комплексы из юрских отложений различных районов Западно-Сибирской равнины имеют специфические черты, обусловленные различными фациальными условиями осадконакопления, и отличаются количественной перегруппировкой основных видов спор и пыльцы растений. Общий руководящий состав остается постоянным, что дает возможность судить о возрасте разнофациальных толщ, проводить их корреляцию на большие расстояния. Флора Западной Сибири вплоть до келловея входила в единую Сибирскую палеогеографическую область. Однако уже в бате намечается дифференциация флоры, в связи с чем на рассматриваемой территории выделяется два типа спорово-пыльцевых комплексов. Первый, наиболее распространенный, с резким преобладанием спор (центральная и северная части Западно-Сибирской плиты) и второй (некоторые площади центральной части исследуемого региона) — с преобладанием пыльцы.

Спорово-пыльцевые комплексы бата хорошо прослеживаются в разрезах скважин различных площадей и коррелируются на больших расстояниях. По однотипной растительности, существовавшей в ранне-среднеюрскую эпоху, трудно определить какие-

либо провинции. Достаточно четкое разграничение их начинается с позднеюрской эпохи. Начиная с келловея, отчетливо прослеживаются две палеофлористические области: Европейско-Синийская и Канадско-Сибирская, так как отложения верхнего отдела юрской системы на территории Западно-Сибирской равнины почти повсеместно представлены морскими, прибрежно-морскими отложениями, охарактеризованными фауной аммонитов, белемнитов, пелеципод и фораминифер. В результате комплексного палеонтологического исследования установлено наличие всех ярусов верхнего отдела юры.

В отложениях келловея, как и в бате, наиболее встречаемой группой являются споры *Leiotriletes*. Для площадей Полярного и Приполярного Зауралья и западной части Западно-Сибирской равнины, относящихся к Европейско-Синийской палинофлористической области, характерно присутствие спор *Gleichenia*, пыльцы *Classopollis* и *Sciadopitys*. Кроме того, для Полярного и Приполярного Зауралья типичны споры *Dicksonia jatraca* Rov n. Они появляются в заметных количествах в юрских комплексах, начиная с келловея, что очень важно для стратиграфии.

В центральной части равнины довольно многочисленна пыльца *Classopollis*, а пыльца *Sciadopitys affluens* (Bolch.) Rov n. практически отсутствует или содержится в незначительных количествах. Характеристика комплексов оксфорда напоминает вышеописанную для келловейских отложений. Отличие заключается в несколько большем содержании характерных для верхней юры спор и пыльцы.

В кимеридже отмечается преобладание пыльцы *Classopollis*, увеличение содержания спор *Gleichenia*, сокращение видового разнообразия спор и пыльцы, иногда присутствует микрофитопланктон.

В волжский век флора юрского времени угасает, что нашло свое отражение в уменьшении типично юрских видов, родов, семейств (диптериевые, матониевые, мараттиевые).

В нижнемеловых отложениях установлено шесть районов, характеризующихся своеобразием спорово-пыльцевых комплексов: 1) Полярное и Приполярное Зауралье, 2) западный и северо-западный, 3) Тюменско-Уватский, 4) центральный, 5) Тазовский, 6) восточный и северо-восточный. Спорово-пыльцевые комплексы первых трех районов отражают флору Европейско-Синийской, последних трех — Канадско-Сибирской палеофлористических областей. Характерной чертой комплексов Полярного и Приполярного Зауралья, западного и северо-западного районов, а также Тюменско-Уватского района является наличие большого количества спор *Gleicheniaceae*. В унифицированной схеме нижнемеловых отложений для берриасских, валанжинских и готеривских отложений споры этого семейства доминируют в комплексах. Такую же роль для отложений этого же возраста, установленных в районах: Тазовский, центральный, восточный и северо-восточный,

играют споры *Coniopteris* и *Leiotriletes*. В комплексах последних трех районов отмечено также большее, чем в первых трех, количество пыльцы *Ginkgoaceae*. Граница распространения этих двух типов комплексов, отражающая влияние флоры двух палеофлористических областей (Европейско-Синийской и Канадско-Сибирской), проходит в направлении — Обская губа — г. Надым — несколько восточнее г. Ханты-Мансийска.

Как показывает фактический материал, граница влияния растительности Европейско-Синийской и Канадско-Сибирской палеофлористических областей для раннемелового времени проходила на территории Западно-Сибирской равнины почти в меридиональном направлении. Это заключение не совсем совпадает с представлением о направлении этой границы по данным распространения пыльцы *Classopollis*.

Выявленная определенная закономерность распространения на территории Западно-Сибирской равнины спор *Gleicheniaceae*, *Coniopteris*, пыльцы *Classopollis* указывает на своеобразие спорово-пыльцевых комплексов, которое необходимо учитывать при интерпретации палинологических данных.

Расчленение отложений неокома до яруса производится палинологами ЗапСибНИГНИ с учетом в первую очередь процентных соотношений компонентов спорово-пыльцевых комплексов. Наиболее важной группой при стратификации отложений нижнего мела являются споры семейства *Schizaeaceae*. Существуют закономерные изменения в содержании и видовом разнообразии спор этого семейства. Встречаясь в отложениях берриаса в небольшом количестве, споры *Schizaeaceae* постепенно приобретают все большее значение, становясь доминантами в отложениях баррема. В такой же степени возрастает и видовое разнообразие спор этого семейства. Если в отложениях берриаса и валанжина фиксируются споры *Lygodium* в основном с крупнобугорчатой экзиной, то в отложениях готерива, и особенно баррема, разнообразие спор этого рода и сближаемых с ними родов *Trilobosporites*, *Pilosisporites* и других очень велико. То же можно сказать о спорах *Anemia*, *Klukisporites*, *Cicatricosisporites*, количество и разнообразие которых нарастают снизу вверх, достигая максимума в отложениях позднего готерива — баррема. Необходимо, однако, отметить, что количество этих спор в разновозрастных отложениях (при поярусном расчленении осадков) варьирует в разных районах Западно-Сибирской равнины.

Одним из затруднений при расчленении и корреляции многочисленных разрезов глубоких скважин, пробуренных на территории Западно-Сибирской равнины, является далеко недостаточный отбор керн, исследование которого только фрагментарно дает представление о стратиграфии пройденных отложений. В этом случае выходом из такого положения будет построение сводного по разведочной площади, а возможно, и району, разреза, на который наносятся все имеющиеся данные и составляется обобщенная характеристика.

При переносе палинологического и палеонтологического материала используются посвитные и поплавовые разбивки разреза и каротажные диаграммы, позволяющие более правильно сопоставить разрезы всех скважин данной площади или участка.

Такой комплексный метод позволяет установить закономерности изменения спорово-пыльцевых комплексов, дающих основу для детального расчленения разрезов. Корреляция разрезов различных площадей Западно-Сибирской равнины производится сопоставлением разрезов, охарактеризованных комплексами идентичного возраста. Коррелирующими здесь (на уровне яруса, иногда двух ярусов) будут являться не отдельные виды и тем более роды, а целый ряд признаков, в том числе — процентное соотношение компонентов. В этом случае к таксонам более приемлемо применение терминов «доминанты», «сопутствующие» и т. д., что не исключает использования «руководящих» и «характерных» таксонов.

РАСЧЛЕНЕНИЕ И КОРРЕЛЯЦИЯ РАЗНОФАЦИАЛЬНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Континентальные отложения нередко занимают огромные площади, слагают целые отделы и системы, мощность их может достигать до нескольких тысяч метров. Они часто являются промышленно нефтегазоносными или перспективными на эти, а также другие важнейшие виды промышленного сырья, в связи с чем очевидны практическая ценность и необходимость их изучения.

При стратиграфии континентальных отложений основную роль играют остатки растений, главным образом споры и пыльца высших растений.

Однако большое разнообразие растительности, связанное с неоднородностью физико-географических условий на поверхности суши, и пестрота фаций континентальных отложений создают затруднения для их расчленения и корреляции, особенно между регионами.

При расчленении континентальных отложений, характеризующихся частой сменой фаций по разрезу, иногда наблюдается заметное варьирование таксономического, а в особенности количественного состава отдельных спорово-пыльцевых спектров.

Корреляция разнофациальных континентальных отложений по спорам и пыльце на сравнительно небольших расстояниях (в пределах одной палеофлористической области, а тем более провинции) обычно не вызывает больших затруднений. Спорово-пыльцевые комплексы из континентальных отложений, хотя и в меньшей степени, чем морских, являются аллохтонными и отражают тип растительности довольно обширных участков суши. Однако даже в пределах одного небольшого региона синхронные, но разнофациальные комплексы все-таки будут отличаться некоторой гетеротаксонностью и небольшими колебаниями количественных соотношений составляющих их компонентов. Общая направлен-

ность развития флоры и растительности в пределах такой территории и последовательность ее изменения будут едиными, поэтому в пределах одного региона обычно можно выделить группу таксонов, которая является общей для разнофациальных синхронных спорово-пыльцевых комплексов и на которую следует опираться при стратиграфических построениях. Таксоны этой группы не всегда и не обязательно должны являться доминирующим в комплексе.

Корреляция континентальных отложений по комплексам спор и пыльцы на больших расстояниях связана с гораздо более серьезными затруднениями, особенно если сравниваемые отложения находятся в различных палеофлористических областях. Такие палинофлоры значительно отличаются друг от друга по систематическому составу, и для их сопоставления непригодны традиционные методы корреляции. В таких случаях применимы известные в классической биостратиграфии методы: 1) основанный на изучении разрезов, расположенных в пограничных районах между двумя различными палеофлористическими областями, и 2) климатостратиграфический [4, 35]. В первом случае в разрезах могут быть встречены совместно таксоны, характерные для обеих фитохорий, имеющие четкую возрастную привязку в своих регионах, что позволяет установить общие корреляционные уровни и распространить их на отдаленные территории.

Климатостратиграфический метод основан на выявлении воздействия на растительный покров климатических изменений (температурного режима и влажности), которые вызывают миграции флор и вымирание отдельных видов. Этот метод, широко применяемый при расчленении и корреляции неогеновых и четвертичных отложений, при расчленении и корреляции мезозойских отложений используется редко. Например, отмечаемое в тоарский век на юге СССР потепление климата, проявляемое в спорово-пыльцевых комплексах увеличением обилия и разнообразия спор папоротников и появлением значительного числа пыльцы *Classopollis*, прослеживается также в Сибири, где в комплексах этого возраста появляются отсутствовавшие ранее споры некоторых южных теплолюбивых папоротников и небольшое количество пыльцы *Classopollis*. Общеизвестен климатостратиграфический репер начала поздней юры, который в спорово-пыльцевых комплексах южных районов СССР выражается обилием пыльцы *Classopollis* (потепление и иссушение климата), а на севере Сибири увеличением пыльцы цикадовых и беннеттитовых (только потепление) [15].

Датировка стратоев, установленных в континентальных отложениях по палинологическим данным, представляет собой более сложный и ступенчатый процесс, чем в морских осадках, содержащих руководящую фауну ортогрупп. Задача облегчается в тех случаях, когда наблюдаются чередование континентальных отложений с морскими, вклинивание отдельных морских, фаунистически охарактеризованных прослоев в континентальную толщу

или замещение по площади на сравнительно небольшом расстоянии континентальных осадков одновозрастными морскими. Во всех этих случаях прослой с морской фауной используются в качестве геохронологических реперов. Однако такое сочетание морских и континентальных отложений наблюдается далеко не повсеместно, а лишь на границе материков и морей; оно приурочено к бортовым частям морских бассейнов.

В случаях абсолютно континентальных толщ эталоном для установления возраста выделяемых стратонов могут служить синхронные морские отложения соседних (а иногда и достаточно удаленных) регионов с хорошо изученными и датированными палинологическими комплексами. Необходимо четкое прослеживание последовательности смены спорово-пыльцевых комплексов в региональном разрезе континентальных отложений, соответствующей общему ходу палеофлористической сукцессии в пределах единой фитохории (провинции или области). Однако в любом случае возраст, выделяемый в континентальных отложениях по палинологическим данным (как и фитостратонов вообще), является в значительной мере условным.

В качестве примера рассмотрим палио-стратиграфические подразделения, выделенные и прослеженные в юрских отложениях Мангышлака, являющихся континентальными в значительной своей части. Разрез юры в данном регионе представлен всеми тремя отделами. В нижне- и среднеюрских отложениях Горного Мангышлака (с тоара по бат включительно) по литолого-фациальным особенностям отложений выделяется пять свит, возрастные аналоги которых прослеживаются в разрезах скважин закрытых площадей Южного и Восточного Мангышлака. Самые древние горизонты юры (геттанг—синемюр и плинсбах) имеют локальное развитие только на Южном Мангышлаке. Верхняя юра представлена главным образом осадками келловейского и оксфордского ярусов, кимериджские и титонские (волжские) отложения имеют ограниченное распространение только на отдельных площадях в южной части региона. В целом юрские отложения Мангышлака характеризуются значительной фациальной изменчивостью как по разрезу, так и по площади, их общая мощность около 1500 м.

Остатки ископаемых животных и растительных организмов, встречающиеся в юрских отложениях Мангышлака, представлены пелелиподами, редкими аммонитами, фораминиферами, отпечатками листьев, стеблей, побегов растений и микрофитофоссилиями. Фаунистически охарактеризованы лишь отложения верхней и частично средней юры, начиная с отдельных горизонтов в верхах байосского яруса. Отпечатки растений встречаются преимущественно на территории Горного Мангышлака и приурочены к осадкам верхов нижней юры и к средней юре. Микрофитофоссилии присутствуют почти по всему разрезу юры изучаемого региона, начиная от геттанг-синемюра до келловей включительно.

В юрской палинофлоре Мангышлака насчитывается 146 таксонов, в том числе 104 видовых, 33 — установленных на уровне рода, 9 — точнее не определенных таксонов различного ранга. В составе установленных таксонов выделяется группа стратиграфически наиболее значимых форм (видов или таксонов более высокого ранга). Споры этой группы имеют, как правило, четкие выразительные морфологические признаки. Их систематическая принадлежность различна, но по преимуществу это споры папоротников, что не является случайным, так как именно папоротники составляют основное ядро юрской палинофлоры Мангышлака; голосеменные имеют меньшее значение, к тому же морфология их пыльцы (особенно моносульцитной) изучена недостаточно. Таксоны, входящие в состав названной стратиграфически важной группы, были прослежены в пределах всего региона в отложениях различных фаций и легли в основу стратиграфических построений.

Рассмотрение стратиграфических диапазонов изученных форм в частных разрезах позволило установить, что, несмотря на весьма широкое стратиграфическое распространение подавляющего числа видов, максимальная частота встречаемости тех или иных таксонов приурочена к строго определенным, сравнительно узким, интервалам разреза. Наряду с этим имеется также небольшое количество видов, ограниченных в своем распространении весьма узким стратиграфическим диапазоном, которые могут рассматриваться как руководящие. Совместный анализ пределов распространения и частоты встречаемости изученных форм по всему разрезу нижней, средней и частично верхней юры дал возможность установить последовательные уровни появления, исчезновения и максимального распространения многих таксонов. Таким образом, почти весь разрез юрских отложений Мангышлака охарактеризован последовательно сменяющимися друг друга комплексами спор и пыльцы, состоящими главным образом из видов и частично из таксонов более высокого ранга.

В юрских отложениях Мангышлака было установлено семь последовательных спорово-пыльцевых комплексов, названных по типичным таксонам. Каждый из комплексов объединяет по площади отложения различного литологического состава. Это позволило выделить и проследить семь одноименных стратиграфических подразделений (словес с палинофлорой), имеющих определенный объем и однозначно диагностированные границы благодаря смыкаемости стратонтов. По своему содержанию установленные слои близки к биостратиграфическим зонам, они отвечают определенным этапам развития юрской палинофлоры Мангышлака.

Установленные в юрских отложениях Мангышлака стратонты (слои с палинофлорой) имеют четкие границы и характеризуются хорошо отличающимися друг от друга палинологическими комплексами, они легко распознаются в каждом новом разрезе и являются надежной основой для региональной биостратигра-

фин, т. е. дробного расчленения и корреляции разнофациальных отложений на всей территории Мангышлака.

Говоря об особенностях расчленения и корреляции континентальных отложений и подчеркивая особую важность фитостратиграфии, следует остановиться на возможностях совместного использования и сопоставления результатов изучения микро- и макрофитофоссилий.

Несомненно, что любые комплексные исследования позволяют получить наиболее полные и достоверные результаты. Это особенно важно при изучении ископаемых объектов, и в первую очередь остатков различных разрозненных частей одного организма, какими являются листья, плоды, стробилы, пыльца или споры высших растений. Организм высшего растения имеет сложное дифференцированное строение и в ископаемом состоянии целиком обычно не сохраняется. Случаи совместных находок нескольких прижизненно соединенных его частей (листья папоротников со спороношениями, ветки с пыльценосными шишками и т. п.) практически редки и не всегда проводится их параллельное изучение. Основой для получения большого количества материала по микро- и макрофитофоссилиям является одновременное послойное изучение их в одних и тех же разрезах с последующим детальным сопоставлением результатов. Такое сопоставление наиболее эффективно в тех случаях, когда для большей части растительных остатков удается определить их филогенетические связи (хотя бы в пределах таксонов высокого ранга).

Возможность совместных палеофитологических работ позволяет выявить состав ископаемой флоры и общую тенденцию ее развития.

Рассмотрим некоторые примеры.

В составе таксонов юрской палеофлоры Мангышлака много общих, обнаруженных как по макро-, так и по микрофитофоссилиям, но есть целый ряд таких таксонов, которые выявлены лишь одним из методов. Обоиными методами установлено присутствие основных для юрской флоры данного региона семейств папоротников и голосеменных с некоторыми общими родами: семейство *Marattiaceae* (очень близкие роды — *Marattiopsis* и *Marattisporites*, возможно, это один род), *Matoniaceae* (общий род *Phlebopteris*), *Dipteridaceae* (общие роды *Clathropteris* и *Dictyophyllum*), *Dicksoniaceae* (общий род *Eboracia*), семейства *Osmundaceae*, *Cheirolepidiaceae*, *Araucariaceae* (общий род *Podozamites*), *Pinaceae*, а также беннеттитовые, гинкговые, цикадовые. Обнаружено присутствие представителей хвощевых (общий род *Equisetites*).

По количественному распространению и разнообразию микро- и макроостатков все перечисленные группы растений по своему развитию сходны: беннеттитовые, диптериевые, матониевые папоротники получили расцвет в раннеюрское время, мараттиевые папоротники, а также гинкговые, цикадовые — в начале среднеюрской эпохи, хейролепидиевые — в ее конце.

Таким образом, при выявлении общих таксонов оба метода как бы контролируют друг друга.

Анализ систематического состава юрских растений Мангышлака, установленных по макроостаткам, показывает, что наибольшее число видов приходится на долю голосеменных растений. Это обусловлено тем, что листья древесных и кустарниковых пород хорошо захороняются, сохраняясь даже при некотором переносе, в то время как папоротники, представленные в юрских тафоценозах чаще травянистыми формами с тонкими нежными, плохо сохраняющимися листьями, встречаются в небольшом количестве видов. Так, например, в таофлорах тоара и аалена Мангышлака богато представлены по находкам листьев разнообразные беннеттитовые (виды родов *Anomozamites*, *Nilssoniopteris*, *Otozamites*, *Pterophyllum*, *Ptilophyllum*, *Williamsonia*), цикадовые (виды родов *Nilssonia*, *Pseudoctenis*), гинкговые (виды родов *Ginkgo*, *Sphenobaiera*, *Leptotoma*), чекановские (виды родов *Czekanowskia*, *Phoenicopsis*). Последние установлены вообще только по макроостаткам. В отложениях тоара и аалена встречаются, кроме того, побеги хвойных, хотя они не очень разнообразны в видовом и родовом отношении из-за маловыразительной морфологии.

По спорам и пыльце в юрской флоре Мангышлака установлено большее разнообразие папоротников, а не голосеменных; кроме того, такие группы, как мохообразные и плауновые, были выделены только по спорам. Так, например, в той же флоре тоара и аалена по находкам спор значительно разнообразнее представлены диптеревые папоротники (виды родов *Clathropteris*, *Dictyophyllum*, *Dictyophyllidites*, *Auritulinasporites*), матоневые (виды *Matonia*, *Matoniasporites*, *Phlebopteris*), мараттиевые (виды *Marattia*, *Marattisporites*, *Danaea*, *Angiopteris*). Более разнообразно представлена по пыльце группа хвойных, особенно семейства Pinaceae, из которых описано большое количество родов, видов, однако значительная их часть нуждается в тщательной ревизии. Только по пыльце установлено наличие подокарповых. Лишь по спорам обнаружено присутствие ряда семейств папоротников: представители Hymenophyllaceae (виды родов *Hymenophyllum*, *Trichomanes*), Pteridaceae (род *Microlepидites* и точнее не определенные), Cyatheaceae (род *Hemitelia* и др.), Gleicheniaceae (виды рода *Gleichenia*, *Gleicheniidites*) и, наконец, только по находкам спор обнаружены такие представители мохообразных, как печеночные и сфагновые мхи, плауновые из семейств Lycopodiaceae и Selaginellaceae.

Существует, кроме того, группа микро- и макроостатков растений, генетическая принадлежность которых определена лишь в пределах таксонов очень высокого ранга, либо не установлена вообще. В таких случаях возможны лишь самые общие предположения относительно сходства сравниваемых таксонов.

Однако для юрских континентальных отложений Мангышлака пока не удается установить единые фитостратиграфические

подразделения, обоснованные одновременно макро- и микрофитофоссилиями. По макроскопическим остаткам растений более детально расчленена верхняя часть нижней юры и низы средней (тоар и аален). Обнаруженные здесь слои с макрофлорой имеют значительно меньший стратиграфический объем, чем слои с палинофлорой из этих же отложений. В противоположность этому почти вся средняя юра и часть верхней юры расчленены более детально по палинологическим данным и соотношение слоев с палино- и макрофлорой здесь прямо противоположно низам юрского разреза. В раннеюрской и в ааленской палеофлорах Мангышлака значительную роль играли гинкговые, беннеттитовые, цикадовые, чекановские. Макроостатки их детально изучены и систематизированы, что позволяет по ним выделить дробные биостратиграфические подразделения. Пыльца же этих групп практически почти не изучена и учитывается обычно в общей массе моносульцитных зерен, либо в лучшем случае подразделяется на гинкговые, беннеттитовые, цикадовые. В отложениях большей части средней и в нижней части верхней юры в палеофлорах Мангышлака преобладают папоротники, макроостатки которых плохо сохраняются или отсутствуют вовсе, а споры встречаются в обилии. Это позволяет в данной части разреза выделить более дробные и обоснованные биостратиграфические подразделения именно по мiosпорам.

Однако, несмотря на некоторые вышеизложенные несоответствия, граница между нижней и средней юрой на Мангышлаке, как уже отмечалось, проводится однозначно по макро- и микрофитофоссилиям, фиксируя, таким образом, единый крупный рубеж в развитии палеофлоры.

РАСЧЛЕНЕНИЕ И КОРРЕЛЯЦИЯ УГЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Угленосные отложения, как правило, характеризуются высокой насыщенностью ископаемыми спорами и пылью, поэтому спорово-пыльцевой анализ применяется при установлении геологического возраста отложений, стратиграфическом расчленении и корреляции разрезов, идентификации угольных пластов и, наконец, при реконструкции древней растительности и условий угленакопления.

В настоящее время палинологическими исследованиями охвачены разрезы главных угольных бассейнов СССР, созданы палинологическо-стратиграфические эталоны для основных районов развития угленосных толщ. Особенно детально изучены отложения, содержащие запасы углей промышленного значения.

Обобщающей сводкой по использованию ископаемых спор и пыли для целей расчленения и корреляции угленосных толщ явилась коллективная монография под редакцией И. И. Горского «Методы корреляции угленосных толщ и синонимии угольных пластов». В ней рассмотрены основные этапы и виды работ в процессе спорово-пыльцевого анализа для корреляции и указаны

признаки, используемые при корреляции угленосных отложений и угольных пластов.

Расчленение и корреляция угленосных отложений в пределах территориальных единиц разных иерархических уровней. Расчленение и корреляция угленосных отложений могут проводиться в пределах одного месторождения, целого угольного бассейна, группы месторождений и бассейнов в пределах геологического региона, в регионах на территории одной палеофитогеографической области и, наконец, регионы разных палеофитогеографических областей могут сопоставляться друг с другом. Исходя из этого необходимо учитывать принцип иерархической определенности, следуя которому принимается во внимание размерность территориальных единиц, угленосные отложения которых расчленяются и коррелируются. Применительно к решению задач стратиграфии по палинологическим данным следует различать пять иерархических уровней территориальных единиц: 1) микрохоры* — конкретный геологический разрез, 2) мезохоры — месторождение или отдельный район угольного бассейна, 3) макрохоры — территория одного угольного бассейна, 4) мегахоры — территория одного геологического региона, 5) гигахоры — территория одной палеофитогеографической области. Переход от одного уровня к другому сопровождается количественным и качественным изменением свойств исследуемых объектов. Практическое значение этого положения заключается в том, что для каждого ранга территориальных единиц разрабатывается свой набор признаков, используемый для расчленения и корреляции угленосных отложений.

Палинолог начинается исследование угленосных отложений на уровне микрохор, при этом проводится расчленение конкретного геологического разреза (по керну скважин или образцам из обнажения) на отдельные интервалы, исходя из результатов спорово-пыльцевого анализа. Традиционно выполняется сравнение по разрезу последовательного ряда спорово-пыльцевых спектров. Устанавливается их сходство по видовому составу и количественному содержанию в них отдельных видов. Спектры, обладающие сходством указанных признаков, объединяются в единый комплекс. Последний отвечает определенному интервалу разреза, из которого выделены эти спектры. Тем самым можно стратифицировать разрез, устанавливая по палинологическим данным интервалы, охарактеризованные обособленными комплексами спор и пыльцы (см. рис. 5).

Характеристика спорово-пыльцевого комплекса состоит из сводного состава видов, встреченных в отдельных спектрах, и среднего количественного содержания (среднее арифметическое по спектрам) спор и пыльцы определенных форм-родов. Необходимо обратить внимание на то, что иногда среди группы сходных спектров, объединяемых в единый комплекс, может встретиться один спектр, резко отличающийся от всех по количественному

* От греч. *chóros* — место, пространство.

соотношению видов. Скорее всего своеобразие такого спектра является результатом фациальной или тафономической особенности конкретного слоя. Нет необходимости в выделении подобного спорово-пыльцевого спектра в обособленный комплекс, так как ниже и выше него по разрезу сохраняются сходные по составу и количественным соотношениям спектры. Такой спектр, как нетипичный для данного интервала разреза, может не приниматься во внимание при составлении сводной характеристики комплекса, а может и учитываться, тогда включение его в общий состав несколько изменит среднее количественное содержание спор и пыльцы в сводном комплексе.

Использование для выделения спорово-пыльцевых комплексов не только смены видового состава, но и изменения количественного содержания определенных форм-родов позволяет достигать наибольшей детальности при расчленении геологических разрезов. Такие комплексы спор и пыльцы отражают палеоэкологические сукцессии древней растительности, вызванные сменой ландшафтно-экологических условий. Это и определяет их большие возможности при детальном расчленении. Отдельные комплексы могут характеризовать интервалы разреза в объеме свиты, подсвиты, отдельных пачек, слоев, группы сближенных пластов, а иногда и одного угольного пласта.

Обычно комплексы, сменяющие друг друга по разрезу, нумеруются: 1-й комплекс, 2-й и т. д. Однако в последние годы все чаще исследователи избегают безликой нумерации и стараются каждому комплексу дать наименование исходя из его диагностических признаков. Так, наименование комплекса может складываться из преобладающего вида с добавлением родового названия хотя и сопутствующих, но наиболее характерных (одного или двух) видов.

Следующий за расчленением конкретных разрезов этап работы — это корреляция разрезов в пределах единой геологической структуры (внутрирайонная корреляция), т. е. исследуются территориальные единицы (мезохоры). Ряд конкретных разрезов, расчлененных на интервалы, охарактеризованные спорово-пыльцевыми комплексами, сравниваются между собой. Сходство комплексов по составу и количественным соотношениям позволяет распознавать в разрезах аналогичные интервалы и прослеживать их по площади.

Корреляция разрезов на уровне макрохор осуществляется в пределах одного угольного бассейна. Ландшафтно-экологическое своеобразие древней растительности на разных участках территории бассейна обуславливает варьирование количественного содержания отдельных форм-родов в спорово-пыльцевых комплексах, характеризующих коррелируемые интервалы разреза. Однако общий характер комплексов, отражающий основное направление развития древней растительности, сохраняется достаточно выдержанным и позволяет осуществлять внутрибассейновую корреляцию разрезов по палинологическим данным. При этом кор-

релируются интервалы разрезов, охарактеризованные обособленными комплексами спор и пыльцы, это обычно свиты, подсвиты, реже группы сближенных пластов и отдельные угольные пласты.

Корреляция угленосных отложений на региональном уровне (мегахор) предусматривает установление региональных стратиграфических подразделений в ранге провинциальных зон-лон (Стратиграфический кодекс СССР). По палинологическим данным лона выделяется на основании общности спорово-пыльцевых комплексов, характеризующих интервалы разрезов разных бассейнов одного геологического региона. Критерием общности служат виды-индексы, определяющие лону. Один из них — вид-доминант, господствующий во всех комплексах, второй — характерный вид. Характерным может быть вид, распространение которого строго ограничено данным интервалом разреза, вид, впервые появляющийся или заканчивающийся здесь свое существование. По виду-доминанту и характерному виду составляет палинологическое наименование лоны. Лона отражает определенный этап развития флоры в пределах ее географического распространения. Последовательный ряд лон, характеризующих разрезы угольных бассейнов одного региона, отражает необратимый процесс эволюции и своеобразие изменений физико-географических и климатических условий на территории данного региона. Таким образом, основным критерием корреляции отложений по палинологическим данным на региональном уровне является принцип этапности развития древней флоры и растительности, фиксируемый в смене доминантов и характерных видов спорово-пыльцевых комплексов.

Корреляция отложений разных регионов, принадлежащих одной палеофитогеографической области (гигахоры), осуществляется на основании единства закономерности развития флоры на территории всей области. Сравнение палинологической характеристики стратиграфических подразделений в разрезах разных регионов проводится по наличию общих или близких видов и по совпадению диапазонов их стратиграфического распространения. В результате удается наметить обусловленные необратимостью эволюции этапы, охарактеризованные неповторимой во времени (в разрезе) сменой спор и пыльцы и прослеживающиеся во всех регионах одной области. Подобные этапы были выделены для карбона и перми на территории Ангарской фитогеографической области и названы А. Ф. Дибнер [10] как «палинозоны»*.

Глобальная корреляция угленосных отложений по палинологическим данным требует сопоставления комплексов спор и пыльцы, продуцированных флорами разных палеофитогеографических областей. При глобальной корреляции используются закономерности общей направленности эволюционного процесса. Так, направленная смена в отложениях карбона спор плауновидных

* Палинозона выступает как областное биостратиграфическое подразделение, а не региональное или местное, как предлагалось ранее Е. П. Бойцовой.

(*Lophozonotriletes*, *Densoisporites*, *Lycospora*) спорами птеридоспермов (*Planisporites*, *Schopfipollenites*, *Laevigatisporites*) и одномешковой пыльцой (*Florinites*, *Cordaitina*, *Potonieisporites*), а с низов перми преобладание в комплексах пыльцы над спорами и распространение двумешковой пыльцы (*Platysaccus*, *Disaccites*, *Disaccata*) выдерживаются для угленосных отложений как Еврамерийской, так и Ангарской палеофитогеографических областей. Общая направленность в смене состава спор и пыльцы отражает эволюционный ход развития флоры и глобальные изменения климата, влияющие на развитие растительности всего земного шара.

Примером глобальной корреляции угленосных отложений по палинологическим данным служит корреляция пермских отложений Еврамерийской и Ангарской фитогеографических областей в пределах СССР, выполненная в 1983 г. И. З. Фаддеевой. Спорово-пыльцевые комплексы асельского яруса перми существенно отличаются от таковых гжельского яруса верхнего карбона преобладанием пыльцы над спорами. Среди пыльцы доминируют крупные одномешковые формы *Potonieisporites*, *Florinites*, *Cordaitina*, а также *Vittatina*, *Disaccate striatiliti*; среди спор преобладают виды, широко развитые в перми, — *Spinosisporites*, *Verrucosisporites*, *Raisirickia* и др. Такое своеобразие комплексов выдерживается в общих чертах на территории как Еврамерийской, так и Ангарской области. Однако количественные соотношения в комплексах указанных областей различны. В первой — в составе одномешковой пыльцы доминирует пыльца *Potonieisporites*, *Vittatina*, *Striatosaccites*, а во второй — пыльца *Cordaitina*.

Таким образом, на уровне глобальной корреляции, несмотря на существующие различия в таксономическом составе, по смене состава спор и пыльцы можно устанавливать синхронные рубежи в отложениях, принадлежащих разным палеофитогеографическим областям.

Использование палинологических данных для целей синхронизации угольных пластов, как уже отмечалось, началось с применения спорово-пыльцевого анализа при изучении угленосных отложений. Методика корреляции, используемая большинством исследователей, наиболее детально была изложена в работах А. Райстрика и в специальном методическом руководстве И. Э. Вальц [2]. Спорово-пыльцевой анализ для целей корреляции угольных пластов обычно выполнялся по среднепластовой пробе. По данным А. Райстрика было установлено, что спорово-пыльцевой состав одного и того же угольного пласта остается достаточно выдержанным и потому может служить основанием для прослеживания пласта по площади. Причем для корреляции имеет значение наличие в составе спор и пыльцы так называемых «аксессуарных видов», т. е. видов, встречающихся в небольших количествах (меньше 10—15 %), но являющихся характерными лишь для определенного угольного пласта. Еще в 1950 г. была показана возможность синхронизации ряда угольных пла-

тов Донецкого бассейна по выдержанности спорово-пыльцевого спектра.

Со временем среднепластовое опробование угольных пластов уступило место послойному петрографическому и палинологическому изучению разреза пласта. Г. Кремпом, А. Смитом и другими исследователями была установлена взаимосвязь между различными петрографическими типами углей и составом содержащихся в них спор и пыльцы. Определенная закономерность нашла объяснение в смене экологических обстановок в процессе развития древнего торфяника и связанных с нею сукцессиях болотной растительности. По характеру смены палинологического состава А. Смитом были выделены по разрезу пласта (снизу вверх) четыре фазы: 1) ликоспоровая, 2) переходная, 3) деноспоровая и 4) трансгрессивная. Каждая из фаз отвечает определенным экологическим обстановкам (в первую очередь обводненности) в процессе развития торфяника. Степень выраженности каждой фазы и их последовательное сочетание в разрезе отдельных пластов являются одним из диагностических признаков. Использование послойно-типového метода опробования угольных пластов и применение палеоэкологической интерпретации палинологических данных позволили осуществить детальную стратификацию и корреляцию угольных пластов. Возможности палеоэкологического направления спорово-пыльцевых исследований для целей детальной стратификации и корреляции угольных пластов в последние годы были показаны многими исследователями на материалах различных бассейнов.

Было установлено, что для дробной стратификации пласта первостепенное значение имеют споры и пыльца, постоянно присутствующие и преобладающие в количественном отношении. Именно эти виды отражают основную растительность торфяника и могут быть использованы как индикаторы условий обитания. С этой целью видовой состав спорово-пыльцевых спектров анализируется с позиции принадлежности спор и пыльцы растениям определенных экологических групп: гигрофитам, гигромезофитам и мезофитам. При прослеживании происходящей по разрезу угольного пласта изменчивости в количественном соотношении между спорами и пыльцой указанных экологических групп устанавливаются изменения в среде обитания торфообразующей растительности, определяется степень обводненности древнего торфяника. Для определения роли гигрофитов среди растений торфообразователей в 1971 г. А. М. Лаптевой было предложено ввести условный «коэффициент гигрофитности» (K_2 — отношение количества спор и пыльцы гигрофитов к количеству гигромезофитов*). Изменение величины коэффициента гигрофитности по разрезу пласта от нижних слоев к верхним позволяет легко от-

* В настоящее время под «коэффициентом гигрофитности» понимается отношение количества спор и пыльцы гигрофитов к количеству гигромезофитов + мезофитов.

личать один слой от другого, проводить детальное расчленение пласта и осуществлять корреляцию как отдельных частей угольного пласта, так и конкретного пласта среди других пластов в разрезе угленосной формации.

В процессе выполнения подобных работ первоначально необходимо составление послышной палинологическо-петрографической характеристики угольного пласта по разрезу, принимаемому за эталонный. В дальнейшем для целей корреляции результаты палинологического изучения в различных точках по простиранию пласта сопоставляются с данными по эталонному разрезу.

В качестве примера рассмотрим, как работают определенные палинологические признаки на материале углей свиты C_2^6 среднего карбона Донецкого бассейна [18]. В разрезе этой свиты послышно были изучены палинологически Е. Г. Шварцман и А. К. Крузиной и петрографически В. И. Узнюком практически все пласты рабочей мощности. Спорово-пыльцевые спектры нижней (клареновой) части пластов обычно наиболее споронасыщенные. Однако спектры здесь малокомпонентные с доминированием спор лепидодендроновых (*Lycospora*) и наличием спор каламитов (*Calamospora*) и сигиллярий (*Endosporites*). К этой части пласта приурочены самые тонкостенные и слабоорнаментированные формы, а также скопления и тетрады спор лепидодендронов. В мацерационном остатке наблюдается большое количество растительного детрита желтого цвета. Коэффициент гидрофитности для спектров нижней части пластов всегда больше единицы ($K_2 > 1$). Спорово-пыльцевые спектры средней части пластов характеризуются хорошей споронасыщенностью. Здесь, наряду со значительным еще количеством спор *Lycospora*, отмечается широкое развитие монолетних форм *Laevigatisporites*, из редких видов присутствуют *Vesicaspora*, *Cyclogranisporites* aff. *provectus*. В продуктах мацерации наблюдаются многочисленные фрагменты разнообразной кутикулы. Спорово-пыльцевые спектры верхних частей пластов отличаются многокомпонентностью состава. В них часто с равными количественными соотношениями отмечаются споры *Lycospora*, *Laevigatisporites*, *Punctatisporites*, *Flo-rinites*. Здесь характерно присутствие форм с утолщенной и орнаментированной экзиной (*Lycospora granulata*, *Punctatisporites rotundus*, *P. oculus* и др.), а также монолетних спор с односторонними утолщениями — *Torispora*. В мацерационном остатке наблюдается толстостенная кутикула. Коэффициент гидрофитности для спектров верхней части угольных пластов характеризуется минимальными значениями и всегда меньше единицы ($K_2 < 1$). Хорошим корреляционным признаком для угольных пластов свиты C_2^6 являются споры форм-рода *Vestispora*. В нижних слоях пластов, особенно в клареновых разностях, наблюдаются формы этого рода, обладающие мелкосетчатой ребристой периной, сглаженной периной и без нее (*Vestispora pseudoreticulata*, *V. laevigata*, *V. primitiva*). В верхних слоях пластов, обычно в более дюреновых углях, присутствуют формы с грубой ребристо-сетчатой и

ячено-дырчатой периной (*Vestispora cancellata*, *V. magna*, *V. fenestrata*). Указанные признаки дают возможность ориентироваться в разрезе пластов и использовать индивидуальные особенности спорово-пыльцевого состава каждого конкретного пласта и слагающих его петрогенетических слоев, проводить сопоставление с палинологическим эталоном (разрезом пласта, определенным в качестве опорного).

РАСЧЛЕНЕНИЕ И КОРРЕЛЯЦИЯ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В развитии методики спорово-пыльцевого анализа для целей стратиграфического расчленения четвертичных отложений, корреляции их слоев, палеогеоморфологических и палеогеографических реконструкций заинтересованы не только научно-исследовательские, но и производственные организации, деятельность которых способствует изучению недр и интенсивному освоению территории. Все более усиленно ведутся работы по изучению четвертичных отложений, с которыми связаны россыпи полезных ископаемых и залежи строительных материалов.

Методика спорово-пыльцевого анализа, применявшаяся 25—30 лет назад, в основе которой лежал лишь статистический учет немногих крупных таксонов цветковых и споровых растений, недостаточно эффективна при решении возникающих задач. Требование большей достоверности и доказательности стратиграфических выводов, основанных на палинологических (палеоботанических) исследованиях, вызвало необходимость не только расширения определительских работ, но и разработки такой методики интерпретации результатов анализа, которая обеспечивала бы возможность решения стратиграфических задач несколькими путями. Полученный в результате использования разных методов однозначный ответ может рассматриваться как достаточно убедительное доказательство достоверности полученного вывода.

Основные положения методики спорово-пыльцевого анализа четвертичных отложений достаточно подробно изложены в известном руководстве В. П. Гричука и Е. Д. Заклинской «Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии», а также в работах «Пыльцевой анализ» и «Палеопалинология». Здесь же будут освещены лишь некоторые дополнительные методические приемы.

Первичная обработка результатов спорово-пыльцевого анализа. Результаты анализа всей серии образцов изучаемого разреза следует свести в общую таблицу, которая является исходным документом для всех этапов последующей работы. Но таблица обычно содержит очень большое количество цифр и использование заложенной в нее палеоботанической информации в большинстве случаев затруднительно. Поэтому в практике спорово-пыльцевого анализа применяется графическое изображение данных в виде спорово-пыльцевой диаграммы. В зависимости от пре-

следуемых целей и характера отражаемого материала эти диаграммы строятся и изображаются по-разному.

Построение спорово-пыльцевых диаграмм. Большое значение при построении диаграмм имеет метод расчета состава спорово-пыльцевого спектра. Некоторые исследователи используют систему расчета для характеристики позднекайнозойских, в том числе и четвертичных отложений, принимая за 100 % всю сумму сосчитанных зерен спор и пыльцы. Такой метод расчета состава спорово-пыльцевого спектра в четвертичных отложениях в какой-то мере может быть оправдан только в том случае, если в дальнейшем исследовании, например, корреляции отложений, объектом является спорово-пыльцевой спектр как таковой. Но при этом затрудняется или полностью исключается возможность фитоценотической интерпретации полученных данных. В фитоценологии характеристику растительности принято давать по ярусам: древесно-кустарниковый, травяной, моховой.

Большинство палинологов в СССР придерживается расчленения состава спорово-пыльцевого спектра из плейстоценовых разрезов на три основные группы: I — пыльца древесных пород; II — пыльца трав и кустарничков, III — споры.

Наиболее распространены диаграммы, построенные по способу Л. фон Поста, когда рядом с литологической колонной помещается диаграмма общего состава: суммарного содержания пыльцы древесных пород, пыльцы трав, кустарничков и спор. Кривая каждого из этих компонентов обозначается своим значком по общепринятой системе. В некоторых случаях на этом же графике показывается и сумма пыльцы водных растений, рассчитанная в процентах по отношению ко всем компонентам. На отдельном суммарном графике приводится состав спор и показываются отдельно наиболее важные таксоны.

На диаграмме важно показать границы тех фаз в изменениях растительности, которые отражает приведенная диаграмма, а также выделяющихся на ней стратиграфических элементов — пыльцевых зон. Диаграммы, построенные по этому методу, удобны своей относительной компактностью и тем, что на них хорошо видны сочетания отдельных компонентов спектра.

Довольно часто применяются спорово-пыльцевые диаграммы, построенные с отдельным изображением каждого таксона (обычно совмещенным дается график общего состава). Такие диаграммы не менее демонстративны и хорошо показывают ход изменений в содержании любого таксона, но несколько громоздки при большом числе установленных таксонов.

При изучении разрезов отложений ледниковых эпох мы почти постоянно сталкиваемся с большим участием переотложенной пыльцы, вымытой из очень близких по возрасту межледниковых образований. В лаборатории спорово-пыльцевого анализа Института географии АН СССР для облегчения выявления особенностей палинологического комплекса был выработан методический прием совместного рассмотрения обычной количественной споро-

во-пыльцевой диаграммы и флористической диаграммы того же разреза, на которой показано лишь присутствие (без количественного выражения) всех определенных видов. На флористической диаграмме все определенные компоненты представлены не в систематическом порядке, а по экологическим группам. Представленные таксоны пыльцы и спор разделены на пять групп (А—Д) и девять подгрупп, выбранных с таким расчетом, чтобы облегчить выявление основных закономерностей изменения состава гляциальных флор. Этим определялся и выбор критериев для выделения подгрупп, которые в неодинаковых группах неизбежно оказались разными. Группы эти следующие.

А — термофильные и умеренно термофильные гидрофиты.

Б — лесные мезофиты: Б₁ — термофильные, Б₂ — умереннотермофильные, Б₃ — микротермы (преимущественно сибирские виды, существующие в условиях летних температур 14—18° и вегетационного периода длительностью 2—3 1/2 месяца).

В — тундровые и северо-бореальные мезофиты и мезоксерофиты: В₁ — виды, существующие в условиях умеренно континентального климата (коэффициент континентальности Н. Н. Иванова 1, 2), В₂ — виды, распространенные преимущественно в областях с континентальным климатом (коэффициент континентальности Н. Н. Иванова до 2,2).

Г — элементы пионерной растительности (обитатели нарушенных несформировавшихся почв, каменистого и песчаного субстрата): Г₁ — мезофиты; Г₂ — ксерофиты.

Д — галофиты: Д₁ — виды прибрежно-морских и континентальных местообитаний, Д₂ — виды только континентальных засоленных местообитаний.

Указанные экологические группы и подгруппы применяются при анализе позднечетвертичных гляциальных флор северо-запада Русской равнины. Вероятно, при обработке гляциальных флор другого возраста или другого района понадобится выделение иных групп, в соответствии с иным характером этих флор.

Обработка ареалогических материалов. Для решения многих вопросов, возникающих в процессе первичной обработки палинологических материалов, таких, как положение района — современного флористического аналога ископаемой флоры, изменение состава доминантов основных типов растительности и др., может быть использована информация, получаемая при обработке ареалогических материалов. Сущность этого методического приема сводится к следующему. Если в составе какой-либо ископаемой флоры определено некоторое количество видов, то совместив их картографические ареалы, мы можем установить район, где все эти виды совместно обитают в настоящее время. Этот район может быть назван районом современной максимальной концентрации видов данной ископаемой флоры, или районом — флористическим аналогом. Установлено, что даже при сравнительно ограниченном количестве определенных видов (порядка 15—20) выявляющиеся районы, как правило, имеют неболь-

шие размеры и характеризуются однородностью природных условий, а следовательно, и растительности. Последнее обстоятельство позволяет рассматривать эти районы не только как некоторые флористические аналоги характеризуемой ископаемой флоры, но в известной мере (в зависимости от возраста флоры) и как аналоги фитоценоотических. Другими словами, мы имеем основание полагать, что и флора, и растительность района максимальной концентрации видов в большей или меньшей степени аналогична той флоре и растительности, которая существовала в районе исследования в эпоху накопления анализируемых отложений. Это объясняет эмпирически установленную закономерность: районы-аналоги разновозрастных флор располагаются близко друг к другу, а иногда даже перекрываются, а разновозрастных флор — территориально разобщены и приурочены к разным современным флористическим провинциям. Но, естественно, эта закономерность относится к ископаемым флорам, расположенным в пределах какого-то одного историко-флористического района. Районы-аналоги разновозрастных ископаемых флор из разных историко-флористических районов располагаются в разных современных флористических провинциях.

Исследования, при которых обработка ареалогических материалов производилась по этому методу, в настоящее время выполнены для плейстоценовых флор центральной части Русской равнины (З. П. Губонина, Н. Г. Иванова, Л. В. Калугина и др.). Аналогичные исследования по позднекайнозойским флорам Северо-Востока СССР выполнены М. П. Гричук в 1973 г.

Описываемый метод обработки ареалогических данных, несмотря на его значительную трудоемкость, является весьма результативным, поскольку позволяет получить объективную информацию, обеспечивающую определение относительного возраста и возрастных соотношений ископаемых флор. Методические основы его были сформулированы польским ботаником С. Кульчинским*. Методические приемы, пригодные для обработки массового материала, были разработаны в лаборатории спорово-пыльцевого анализа Института географии АН СССР и вошли в практику выполняемых в ней работ с середины 60-х годов. Сущность этой методики сводится к следующему. На спорово-пыльцевой диаграмме изучаемого разреза выделяются горизонты, отражающие времена климатического оптимума межледниковой эпохи, к которой относятся данные отложения (ввиду трудоемкости исследования лучше обрабатывать материалы только по полно представленным разрезам, с отчетливой палинологической характеристикой). В образцах, соответствующих фазе его максимальной выраженности, производятся дополнительные видовые определения спор и пыльцы с тем, чтобы получить общий флористический список из не менее 15—20 уверенно определенных видов. Для этих видов под-

* См. В. Шафер «Основы общей географии растений». Перевод с польского, М., 1956.

бираются ареалы, контуры которых и становятся объектом дальнейшей работы.

Суммирование ареалов видов, определенных в интересующем нас горизонте, их картографическое наложение проще всего достигается следующим способом. На восковке вычерчивается внутренняя рамка используемой бланковой карты и на ней строится прямоугольная сетка, заполняющая площадь рамки. Вертикальные линии сетки обозначаются цифрами, горизонтальные — буквами. Этот чертеж, называемый «кодовой сеткой», позволяет фиксировать на используемой бланковой карте сеть постоянных точек, соответствующих пересечениям линий. Каждая из этих точек может быть обозначена комбинацией цифры (соответствующей вертикальной линии) и буквы (соответствующей горизонтальной линии). Наложив кодовую сетку на карту ареала какого-либо вида и записав те точки (пересечения линий), которые приходятся на площадь ареала, мы получаем «код ареала» данного вида.

Следующей операцией является суммирование кодов всех видов. Для этого составляется специальная ведомость. В ней рядом с колонкой, в которой последовательно указаны все точки кодирующей сетки, располагаются колонки для каждого присутствующего вида и в них крестиком отмечаются те точки, которые указаны в коде вида. Суммировав число таких отметок для каждой точки, мы получаем цифры, показывающие число видов в том районе, которому на карте соответствует данная точка кодирующей сетки. Перенеся эти цифры на карту (это удобнее сделать не прямо на бланковке, а на промежуточном листе восковки, наложенном на кодирующую сетку), мы получаем общую картину распределения числа совместно обитающих видов на всем пространстве континента. В подавляющем большинстве случаев оказывается, что эти числа распределяются закономерно: от очень ограниченной территории, где они достигают максимальных значений, во все стороны идет более или менее постоянное убывание их величины. Во всех случаях, когда такое закономерное уменьшение чисел нарушается, необходимо проверить, соответствует ли это действительности, нет ли в данной точке ошибки: при перенесении чисел из ведомости, при суммировании числа отметок, при выборе точек из кода и наконец — в самом коде, в связи с ошибочной записью. При обилии точек и манипуляций с кодами такие ошибки («шумы») — довольно обычное явление. После корректирования полученные данные могут быть обобщены с помощью изолиний, проведенных через пункты с равным количеством совместно произрастающих видов. Изолинии проводятся по обычным правилам на основании интерполяции между точками с фактически установленными числами. Градиент между изолиниями выбирается в зависимости от числа видов (обычно это две или четыре единицы).

Система изолиний, показывающая пространственное распределение количества совместно произрастающих видов из числа

определенных в составе данной флоры, сокращенно может быть названа ареалогаммой данной флоры. Описываемый метод построения ареалогаммы флоры является, безусловно, весьма трудоемким и кропотливым. Однако результаты этой работы вполне компенсируют затраченные усилия, так как дают весьма убедительный и информативный результат.

Выявление переотложенных спорово-пыльцевых спектров. Одним из наиболее сложных и трудных задач методики спорово-пыльцевого анализа является установление наличия переотложенных компонентов в составе изучаемого спорово-пыльцевого спектра и вычленение их из его состава. Любые фитоценоотические построения и стратиграфические соображения должны, естественно, опираться только на те компоненты спектра, которые произведены растительностью, реально существовавшей во время накопления осадков. Сказанное в равной мере относится не только к четвертичным отложениям, но и более древним слоям.

В четвертичных отложениях переотложенные пыльцевые и споровые зерна встречаются очень часто. Практически постоянно они обнаруживаются в верхнеплейстоценовых ледниковых отложениях на северо-западе Русской равнины.

При этом наряду с палеозойскими и мезозойскими формами обычно содержатся и компоненты четвертичного возраста, происходящие из денудированных межледниковых и ледниковых отложений.

Как правило, пыльцу и споры содержат все моренные горизонты (валунные суглинки и супеси). Конечно, нельзя утверждать, что вся масса микрофоссилий в морене находится во вторичном залегании. Можно думать, что на поверхности абляционной морены какая-то, хотя и очень скудная, растительность появлялась очень рано. Определенная часть пыльцевой продукции этой растительности, очевидно, могла перейти в фоссильное состояние. Но состав этой пионерной растительности неизбежно должен был быть очень своеобразным: здесь могли существовать лишь растения, приспособленные не только к суровому климату, но и способные жить на субстрате, еще не превратившемся в сформированную почву. По аналогии данной растительности с современной растительностью на поверхности, недавно обнажившейся в Арктике, можно думать, что пыльцевая продукция ее была ничтожной. Несомненно, что все остатки компонентов неморальной и типичной бореальной флоры, находимые в морене, являются переотложенными.

Результаты работ последних лет показали, что признаками участия в спорово-пыльцевых спектрах изучаемых осадков переотложенных компонентов нужно рассматривать и такие их особенности: 1) спорадическое присутствие пыльцы широколиственных пород во всех горизонтах разреза, появляющейся и исчезающей без тех закономерностей, которые вытекают из экологиче-

ских требований каждой из представленных пород; 2) незначительные изменения состава спорово-пыльцевых спектров по всему разрезу мощных толщ мелкопесчанистых или глинистых отложений (т. е. тогда, когда, несмотря на несомненную длительность накопления осадков, ни по общему составу, ни по составу пыльцы древесных пород не констатируются отчетливо выраженные изменения растительности, опережающие циклические колебания климата).

Иногда высказывается предположение, что в отложениях с подобным спектром вся пыльца и споры являются переотложенными. Однако с таким мнением нельзя согласиться по следующим соображениям. Появление осадков тонкого механического состава, особенно если они имеют не только большую мощность, но и значительное площадное распространение, с несомненностью свидетельствует о существенном сокращении ледникового покрова. В среднеширотных соляных условиях Русской равнины освобождавшаяся от активного льда территория неизбежно должна была быстро покрываться какой-то растительностью. Пыльцевая продукция последней в больших или меньших количествах обязательно должна была попадать в открытые водоемы. Таким образом, в накапливавшихся в этих водоемах осадках присутствие синхронной им фоссильной пыльцы является неизбежным.

Случай, когда роль переотложенных компонентов в составе спорово-пыльцевых спектров так велика, что они легко фиксируются по указанным признакам, очень часты. Это заставляет считать, что с фактами присутствия небольших количеств переотложенной пыльцы мы должны встречаться еще чаще. Эта возможность обязательно должна учитываться при любых формах использования результатов спорово-пыльцевого анализа и диктует необходимость следовать определенным методическим правилам.

Необходимо при интерпретации данных спорово-пыльцевого анализа достаточно аргументированно решить вопрос о том, являются ли все определенные компоненты спорово-пыльцевых спектров синхронными вмещающей породе или же мы имеем дело с гетерохронными комплексами.

Несомненно, что разграничение находящихся в первичном залегании и переотложенных споровых зерен представляет собой наиболее трудную задачу современного пыльцевого анализа. Метод автофлюоресценции находится еще в стадии методической разработки (Э. А. Бессоненко, Л. И. Ефимовой и др.). В настоящее время мы можем пользоваться лишь частными методами, такими, например, как палеоэкологический анализ спорово-пыльцевых спектров. Сущность этого метода заключается в следующем. В составе спектров, все компоненты которых синхронны, мы находим пыльцу и споры только таких растений, экология которых достаточно сходна и допускает их совместное обитание в пределах сравнительно ограниченной территории* (их примером могут быть спорово-пыльцевые спектры верховых сфагновых тор-

фяников). Поэтому если в спорово-пыльцевом спектре изучаемого образца устанавливается наличие экологически несовместимых растений (например, таких, как *Juglans*, *Betula* п а п а L. и др.), это необходимо расценивать как указание на наличие в данном спектре компонентов разного происхождения и разного возраста. Реконструируя затем продуцировавшие пыльцу и споры растительные группировки и сопоставляя данные по другим образцам, мы получаем возможность выделить комплекс пыльцы и спор, залегающий «in situ» и переотложенную часть спектра. Метод этот уже давно широко применяется в практике спорово-пыльцевого анализа, хотя и не является безупречным в том смысле, что в ряде случаев даст лишь альтернативное решение вопроса.

В лаборатории спорово-пыльцевого анализа Института географии АН СССР была разработана модификация этого метода — эколого-географического анализа, при котором анализируется не только экология, но и современное географическое распространение установленных спорово-пыльцевых спектров. Основой его является использование доступно полной видовой характеристики ископаемой флоры.

В тех случаях, когда речь идет об изучении верхнечетвертичных отложений, можно считать, что мы имеем дело с остатками растений, идентичных современным видам, а следовательно, и с флорой, идентичной современной, со всеми ее закономерностями. Анализируя состав ископаемых спектров, можно выделить комплексы видов, объединяемых общностью экологических требований и современного географического распространения. В тех случаях, когда в изучаемых отложениях нет переотложенных пыльцы и спор, все определенные виды, естественно, будут входить в один комплекс, характеризующийся определенной экологией его членов и тем, что в настоящее время все они (или их большинство) произрастают совместно на одной, обычно ограниченной территории. Если же в этих отложениях переотложенные пыльца и споры присутствуют, то таких комплексов окажется два или больше, с соответствующим числом территориально разобщенных районов современной концентрации слагающих их видов.

Комплексы видов, характеризующих флору эпохи формирования изучаемых отложений, будут закономерно изменяться по разрезу, отражая идущие изменения климатической обстановки. Эти изменения будут касаться как экологии этих видов, так и территории, на которой в настоящее время произрастает вся их совокупность (или большая часть). Виды, к которым относятся переотложенные пыльца и споры, будут образовывать комплекс (или комплексы), остающийся постоянным на протяжении всего разреза, т. е. экологически однородным, а область их современной концентрации будет оставаться территориально неизменной.

* Исключение составляют лишь элементы дальнего заноса, но элиминирование их обычно не вызывает затруднений.

Анализ всех выявляющихся закономерностей значительно облегчается, если прибегнуть к методу картографического суммирования ареалов определенных видов. Особенно это имеет значение в тех случаях, когда количество переотложенных компонентов относительно велико и они систематически прослеживаются по всему разрезу.

Интерпретация результатов спорово-пыльцевого анализа. Последовательно рассмотрим их порядок проведения.

Позднекайнозойская история флоры в субтропической Евразии как база для биостратиграфических построений. Анализ имеющихся палеоботанических материалов и результаты флороценогенетического анализа современной растительности показывают, что изменения флоры и растительности в позднем кайнозое в разных частях Евразии имели свои специфические, устойчиво сохранявшиеся особенности. Специально проведенное обобщение этих данных позволило выделить на пространстве субтропической части континента десять регионов. В пределах каждого из них изменения флоры и растительности протекали по сходному плану и со сходными особенностями, отличающимися от таковых и в других регионах.

К территории СССР полностью относятся или какой-то своей частью приурочены семь регионов:

1) Арктический, 2) Европейский, восточная часть, 3) Сибирский, 4) Притихоокеанский, 5) Среднеземноморский, 6) Туранский, 7) Среднеазиатский горный.

Территория большинства этих историко-флористических регионов очень велика и палинологические материалы показывают, что история развития растительности их различных частей существенно отличается. Некоторые из них являются специфическими для данной части региона на протяжении всех теплых или холодных эпох четвертичного периода. Это является основанием для разделения территории регионов на ряд более мелких единиц — историко-флористических районов. Так, в восточной части Европейского региона выделяется четыре таких района.

Из сказанного следует сделать вывод, что даже крупные стратиграфические подразделения, выделенные по ряду определенных признаков в каком-либо районе, далеко не всегда по тем же самым признакам могут быть выделены и на соседней территории. Но особенно велико значение этого фактора (территориальной дифференциации) при решении корреляционных задач. В частности, его необходимо строго учитывать при использовании палеоботанических данных для сопоставлений со стратотипическими разрезами, находящимися на значительном удалении. Использование метода сопоставления палинологических данных здесь будет оправдано только в том случае, если сравниваемые разрезы приурочены к одному историко-флористическому району.

Приведенный краткий обзор показывает, что позднекайнозойская история флоры и растительности Евразии представляет со-

бой весьма сложный процесс. Палеоботанические материалы содержат очень большой объем разнообразной информации, обеспечивающей решение самых сложных стратиграфических задач. Однако использование ее в биостратиграфическом аспекте может быть результативным: а) при учете всех выявленных закономерностей истории флоры и растительности данной территории и б) при соблюдении строгого соответствия между таксономическим рангом выделяемой стратиграфической единицы и характером палеоботанической информации, привлекаемой для обоснования этого выделения.

Разграничение флор межледниковых и ледниковых эпох. Вопрос о разграничении флор межледниковых и ледниковых эпох является далеко не таким простым, как это может показаться на первый взгляд.

В северной и средней частях Русской равнины, для которых мы располагаем огромным объемом палеоботанических материалов, разграничение флор этих двух основных типов является относительно несложным. Это же относится и к северо-западной части Западной Сибири. Но уже для юго-западной части Западной Сибири, для Средней и Восточной Сибири, где в эпохи оледенений возникали лишь небольшие ледниковые покровы и горные ледники, эти типы флор разграничиваются значительно менее отчетливо. Еще труднее решить этот вопрос для крайнего юга Западной Сибири, Казахстана и для равнин Средней Азии, что в значительной мере определяется слабой палеоботанической освещенностью. И чрезвычайно сложным он представляется для горных районов Средней Азии с интенсивно идущим здесь на протяжении четвертичного периода воздыманием горных систем. В этих южных районах ситуация осложняется тем, что система «гляциал—интергляциал» трансформируется в систему «плювиальная эпоха—аридная эпоха», и вопрос о возрастных соотношениях членов этих систем до сих пор является объектом дискуссий.

Для оценки спорово-пыльцевого анализа выработаны критерии, по которым производится выделение отложений межледниковых эпох. Основным является присутствие пыльцы таксонов, указывающих на то, что анализируемые отложения накапливались в условиях существования растительности, сходной с современной (в данном районе) или более термофильной. На территории европейской части СССР критерий этот выражается в присутствии в анализируемых отложениях больших или меньших количеств пыльцы термофильных широколиственных пород. Но уже при выделении межледниковых отложений в Западной Сибири намечаются трудности, которые усложняются при их выделении в Средней Сибири и во всей Арктической области. На этих территориях в связи с особенностями в характере растительности уверенно отнести анализируемые отложения к ледниковой или межледниковой эпохе можно лишь в результате эколого-фитоцитоэкологического анализа всех определенных компонентов спорово-пыльцевых спектров.

Метод сопоставления ископаемых и субрецентных спорово-пыльцевых спектров является не очень надежным, так как допускает большой субъективизм при оценке степени сходства спектров и не обеспечивает получение необходимых контрольных данных. Более универсальным и отвечающим необходимому контролю является метод эколого-географического анализа, принципы и методические приемы которого описаны выше. Исходным материалом для него служит количество видовых определений пыльцы и спор в исследуемом горизонте. Произведя картографическое суммирование ареалов установленных видов, мы можем определить современное положение района их современной максимальной концентрации. Положение этого района на территории с более мягкими климатическими условиями и с меньшей континентальностью климата будет указывать на то, что данная флора существовала в условиях межледниковой эпохи. Установлено, что в большинстве случаев при наличии 12—15 определенных видов (в каждом горизонте) могут быть получены более точные данные.

Анализ отложений, относящихся к эпохам оледенений, показывает, что во всех случаях гляциальные флоры обладают только им свойственными особенностями. Наиболее характерно присутствие в них видов (как древесных пород, так и травянистых растений), распространенных в настоящее время на территориях с климатом более континентальным, чем современный. Такие виды являются постоянными компонентами всех гляциальных флор, по крайней мере на пространствах лесной области Евразии (по другим областям палеоботанические материалы практически отсутствуют).

В составе межледниковых флор, даже относящихся к холодным отрезкам времени в начале и конце интергляциала, указанные виды не встречаются. Особенно показательны в этом отношении различия в видовом составе представителей семейства маревых (*Chenopodiaceae*). В отложениях времени климатического оптимума и последующего межледниковья пыльца *Chenopodiaceae* присутствует в виде единичных зерен, принадлежащих таким широкораспространенным и в современной лесной области видам, как *Chenopodium album* L., *Ch. rubrum* L., *Ch. viride* L. и т. д. В межстадиальных отложениях (в них общее содержание пыльцы *Chenopodiaceae*, как правило, во много раз больше) наряду с этими видами присутствуют такие виды, как *Ch. botris* L., *Kochia prostrata* (L.) Schrad., *K. laniflora* (S. G. Gmel.) Vogb., *Eurotia ceratoides* (L.), *Atriplex nitens* Schkuchr., *Atriplex tatarica* L.

Аналогичные закономерности отмечаются и в различии видового состава полыней. В межледниковых отложениях отмечается (как правило, лишь в очень небольших количествах) пыльца лесных видов *Artemisia campestris* L., *A. vulgaris* L. В составе гляциальных флор при обычно значительно большем участии пыль-

Характеристика флоры и растительности межледниковых и ледниковых эпох.

Флоры	Крите		
	Положение района современной максимальной концентрации определенных видов	Роль элементов лесных формаций	Роль элементов тундровых формаций
Межледниковые	На территории с более мягкими и менее континентальными климатическими условиями, чем в районе расположения изучаемого разреза	Господствуют: в степных условиях — выше, чем в настоящее время	Меньше, чем в настоящее время, или отсутствуют
Ледниковые (гляциальные)	На территории с более суровыми и более континентальными климатическими условиями, чем в районе расположения изучаемого разреза	Меньше, чем в настоящее время, или отсутствуют	Представлены (в криогигротическую фазу) или отсутствуют (в криоксеротическую фазу)

* Имеются в виду макросукцессии, связанные со сменой стадий плейстоценового скака и криоксеротическая стадии).

цы полыней наряду с широкораспространенными видами лесной области постоянно присутствуют виды из подрода *Serifidium*.

Наличие в составе спорово-пыльцевых спектров видов *Chenopodiaceae* и *Artemisia*, не свойственных современной лесной и тундровой зонам, позволяет различать отложения ледниковых эпох (межстадиальных и др.) и холодных фаз межледниковья. Но морские межледниковые отложения в этом отношении занимают особое место. В тех случаях, когда на прибрежных пространствах развиваются обширные солончаки, в отложениях, накапливающихся и в условиях существования на окружающей территории лесной растительности, присутствует большое количество пыльцы галофильных видов полыней и лебедовых. Постоянным компонентом гляциальных флор, относящихся ко второй половине ледниковых эпох, является эфедра. Присутствие этого типичного ксерофита совместно с арктическими видами плаунов позволяет с уверенностью относить вмещающие отложения к эпохе оледенения.

Вся сумма используемых критериев при спорово-пыльцевом анализе межледниковых и ледниковых эпох приведена в табл. 3.

Интерпретация данных по межледниковым флорам (возрастные и корреляционные критерии). Межледниковые флоры на территории СССР известны

По В. П. Гричуку (1969 г.), с изменениями

ритм			
Характер наиболее термофильных элементов	Степень участия термофильных элементов по сравнению с климатическим оптимумом голоцена	Современные аналоги реконструируемых зональных типов растительного покрова	Выраженность макросукцессий*
Виды неморальной или умеренно бореальной флоры	Больше или такая же	Близкие аналоги в районах с менее континентальным климатом	Отчетливая
Виды умеренно бореальной или бореальной флоры	Меньше или полностью отсутствуют	Аналоги в районах с более континентальным климатом или отсутствуют	Преимущественно в составе травянистых ассоциаций

климатического ритма (термоксеротическая и термогигротическая стадии, криогигротиче-

во многих районах и в палеоботаническом отношении относятся к наиболее полно охарактеризованным объектам. Но, как показывает анализ опубликованных материалов, фитоценотическая и флористическая характеристики их и аргументация проводимых корреляций с одновозрастными флорами во многих случаях являются недостаточными. Для решения этих вопросов необходимо привлечение значительно более полной информации. Объем палинологической и ботанической информации существенно зависит от характера задач, которые ставятся перед планируемым исследованием. Наиболее существенным фактором в данном случае является установление степени удаленности объектов, их корреляция. Не менее важно определение возраста характеризуемой толщи путем корреляции со стратотипическим разрезом.

Рассмотрим критерии, которые на современном уровне методики спорово-пыльцевого анализа могут быть использованы для решения этих задач:

1. *Стратиграфические особенности последовательных изменений растительности на протяжении межледниковой эпохи.* Фитоценотические данные по районам, для которых имеются достаточно полные палинологические материалы, показывают, что в каждом из них история формирования растительного покрова на протяжении межледниковья имела свои специфические особенности.

Последние проявляются в характере зональных типов растительного покрова и закономерностях их последовательных смен на протяжении межледниковой эпохи. Эти особенности на территории европейской части СССР очень ярко выражены и долгое время были почти единственным признаком для идентификации межледниковых отложений. Различия подобного типа, хотя и значительно менее резко выраженные, установлены в районах Дальнего Востока (в бассейне Нижнего Амура) и на Северо-Востоке СССР (в пределах Индигиро-Колымского горного района).

Все эти особенности исторического процесса проявляются в разной степени. Наиболее ярко они выступают тогда, когда на протяжении всех межледниковий на данной территории господствовала лесная растительность и в последовательно сменявшихся формациях эдификаторами являлись древесные породы, относящиеся к разным родам. На диаграммах, построенных по результатам даже одних родовых определений пыльцы деревьев, для этих районов видны значительные различия, позволяющие отличать отложения разного возраста. Но в тех районах, где лесная растительность не являлась неизменно господствующей и родовой состав эдификаторов основных формаций существенно не менялся, выявление интересующих нас различий требует анализа соотношений всех компонентов спорово-пыльцевого спектра и привлечения видовых определений спор и пыльцы. На основании такого анализа реконструируются зональные типы растительного покрова, последовательно сменявшиеся на протяжении изучаемого межледниковья, и только выявившиеся закономерности этого процесса могут быть объектом последующих сравнений. Совершенно недопустимо аргументировать одновозрастность или разновозрастность отложений, т. е. принадлежность их к одному или к разным стратиграфическим горизонтам, на основании признаков, непосредственно снятых с диаграммы, т. е. «ходом кривых» какого-либо таксона, особенно кадрового ранга. К сожалению, в палинологических работах не так уже редко можно встретить утверждение, например, об одновозрастности отложений на основании сходного содержания пыльцы трав (или каких-то семейств), спор зеленых мхов и т. п. При такой аргументации явно не соблюдены масштабы значимости исходного материала и предполагаемого вывода.

Однако при всех сравнениях закономерностей фиоценоотических изменений необходимо предварительно выяснить, являлся ли процесс накопления изучаемой толщи осадков непрерывным. Наличие внутрiformационных перерывов обычно хорошо фиксируется резкими изменениями состава спорово-пыльцевых спектров в последовательно лежащих слоях разного литологического характера. Для оценки степени полноты разреза наиболее информативным является прослеживание выявленности стадий плейстоценового климатического ритма. В случае оставшегося невыявленным перерыва в накоплении осадков зафиксированная в данном разрезе последовательность изменений растительности мо-

жет оказаться значительно искаженной и несопоставимой с последовательностью в других разрезах одновозрастных отложений.

Закономерность изменения растительности на протяжении какой-либо межледниковой эпохи является прежде всего корреляционным признаком. При использовании последнего необходимо всегда считаться с тем, что возможности его применения строго ограничиваются пространственной дифференциацией растительного покрова и наличием историко-флористических районов с различными растительными формациями.

2. *Положение района — центра современной концентрации видов, определенных в отложениях климатического оптимума.* Примеры практического использования этого критерия для обоснования корреляции отложений ряда межледниковий можно видеть в работах З. П. Губониной, Э. М. Зеликсон, М. Х. Моносзон и Л. В. Калугиной. На приводимых этими авторами картах центры современной концентрации видов, определенных во флорах климатического оптимума в ряде разрезов микулинского межледниковья, совпадают, располагаясь в верховьях р. Рейна. Центры современной концентрации видов, определенных в фазу кульминации климатического оптимума в отложениях одинцовского межледниковья, также полностью совпадают в районе среднего течения р. Дунай.

3. *Состав «показательных видов».* Для выявления этого критерия помимо палинологического исследования горизонта, относящегося к фазе климатического оптимума, весьма желательно привлечение и данных карпоботанического анализа. Обязательным при этом является строгая приуроченность анализируемой пробы к горизонту, соответствующему климатическому оптимуму. Термин «показательный вид» был предложен для ознакомления как с вымершими, так и с живущими видами, которые в пределах какого-то крупного региона встречаются только до определенного стратиграфического уровня и в более молодых отложениях отсутствуют (табл. 4). Перспективность выявления достаточно большого набора «показательных видов» не подлежит сомнению.

Поскольку выявленные «показательные виды» относятся к разным эколого-ценотическим группам, то практически их можно обнаружить (в большем или меньшем количестве) в отложениях любого генезиса. Если при анализе каждого образца учтено большое количество пыльцевых и спорных зерен (порядка 1000 и более) и при этом какой-то комплекс «показательных видов» не встречен, то у нас будут основания считать, что это не является случайностью, что эти виды действительно не входили в состав изучаемой флоры. Таким образом, у нас появляется возможность судить и о нижнем пределе возраста данной флоры. Но, естественно, это суждение будет обоснованным в тем большей степени, чем большим количеством проанализированных образцов охарактеризованы отложения фазы климатического оптимума данного межледниковья.

«Показательные виды» во флорах межледниковых отложений
северо-западной и центральной части Русской равнины

Группа видов	Таксоны (определяемые по спорам и пыльце)	Межледниковые эпохи		
		Лихвинская Q_{II}^1	Одинцовская Q_{II}^3	Микулинская Q_{III}^1
I	<i>Buxus sempervirens</i> L.	+	...	...
	<i>Coniogramma fraxinea</i> (D. Don) Diels	+	...	...
	<i>Fagus orientalis</i> Lipsky	+	...	...
	<i>Ilex aquifolium</i> L.	+	...	...
	<i>Juglans</i> cf. <i>regia</i> L.	+	...	...
	<i>Pterocarya</i> cf. <i>fraxinifolia</i> (Lem.) Spath.	+	...	...
	<i>Taxus baccata</i> L.	+	...	...
II	<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	+	...	...
	<i>Betula</i> sect. <i>Costatae</i>	+	+	...
	<i>Celtis</i> sp.	+	+	...
	<i>Corylus colurna</i> L.	+	+	...
	<i>Osmunda claytoniana</i> L.	+	+	...
	<i>Picea</i> sect. <i>Omorica</i>	+	+	...
	<i>Pinus</i> sect. <i>Strobus</i>	+	+	...
	<i>Tilia tomentosa</i> Moench	+	+	...
	<i>Ulmus propinqua</i> Roidz.	+	+	...
	<i>Vitis</i> sp.	+	+	...
<i>Zelcova</i> sp.	+	+	...	
III	<i>Carpinus betulus</i> L.	+	+	+
	<i>Osmunda cinamomea</i> L.	+	+	+
	<i>Quercus petraea</i> Liebl.	+	+	+
	<i>Quercus pubescens</i> Willd.	+	+	+
	<i>Tilia platyphylles</i> Scop.	+	+	+
	<i>Typha minima</i> Funk.	+	+	+
	Общее число таксонов	25	17	6

Значительное число «показательных видов» является доминантами, субдоминантами или кондоминантами в составе определенных ассоциаций. Поэтому расположение выявленных в данном районе межледниковых флор в возрастном ряде в соответствии с закономерным сокращением комплекса представленных в них «показательных видов» являются отражением общей закономерности исторического процесса формирования растительного покрова, процесса его формационной перестройки.

5. *Состав и соотношения географических групп родов древесных пород.* Роды древесных пород, представители которых определены в составе позднекайнозойских флор, по своему современному географическому распространению объединяются В. П. Гричук в шесть географических групп:

1) панголарктическую, 2) американо-евро-азиатскую, 3) американо-средиземно-азиатскую, 4) американо-восточно-азиатскую, 5) восточно-азиатскую, 6) североамериканскую.

На основании данного анализа родового состава дендрофлоры в восьми районах в пределах современной лесной области внетропической Евразии установлена определенная закономерность. Изменения соотношения перечисленных выше географических групп родов происходят последовательно на протяжении позднего плиоцена и плейстоцена.

Интерпретация данных по флорам ледниковых эпох. Успехи в области детального изучения стратиграфии плейстоценовых отложений, достигнутые в последние годы, в значительной мере определены прогрессом палеоботанического исследования межледниковых отложений. Наряду с этим палеоботанические данные по отложениям ледниковых эпох еще до недавнего времени были очень скудны, а их значение для стратиграфии — ничтожно. Лишь в настоящее время наметился перелом в этой области. Количество материалов по ископаемым флорам ледниковых эпох начало возрастать и появилась возможность выявления каких-то общих закономерностей.

1. *Определение стратиграфического положения слоев с гляциальными флорами.* При отнесении гляциальных флор к той или иной ледниковой эпохе до сих пор приходится опираться в основном на геолого-геоморфологические данные. Однако выводы о стратиграфическом положении этой флоры в пределах одной ледниковой эпохи могут быть получены по палеоботаническим материалам с достаточной определенностью. Анализ имеющихся материалов по гляциальным флорам как Русской равнины, так и Сибири и Западной Европы показывает, что при всем их разнообразии они четко делятся на две группы: 1) мезофитные флоры с большим участием влаголюбивых таежных и тундровых видов, 2) ксерофитные флоры с большим участием степных ксерофитов из числа микротермов и галофитов.

На основании полученных данных по разрезам, стратиграфия которых ясна, а ископаемые флоры изучены достаточно детально

(в отношении их видового состава и полноты характеристики по профилю), можно представить следующую картину.

Флоры первой группы оказываются всегда приуроченными к первой половине ледниковых эпох. Наиболее типично они выражены во время межстадиалов, следующих за самыми начальными стадиями оледенения (в настоящее время на севере и в центре Русской равнины известно много местонахождений, где флоры этой группы зафиксированы в одном разрезе с межледниковыми слоями, часто в пределах единой озерной толши). Флоры второй группы приурочены ко второй половине ледниковых эпох, хотя развития достигают уже в фазу максимального распространения льдов соответствующего оледенения. Такое распределение названных групп гляциальных флор (по данным М. П. Гричук) находит свое объяснение в палеоклиматических особенностях, характеризующих ледниково-межледниковые ритмы плейстоцена.

Последовательные этапы обработки палинологических данных.

При геологических исследованиях и использовании палинологических материалов следует учитывать: а) корректность используемых материалов и б) аргументированность вывода, позволяющую объективно судить о степени его достоверности.

По-видимому, не может вызывать возражений утверждение, что обоснованность предлагаемых стратиграфических или корреляционных выводов определяется не только полнотой привлекаемых палинологических материалов (в смысле детальности определения микрофоссилий, числа определенных таксонов, количества проанализированных образцов и т. д.), но не в меньшей степени также полнотой и детальностью анализа полученных данных.

Так как обычно объем палеофитологической информации, которую несут в себе палинологические материалы, весьма значителен, то решающее значение приобретает последовательность этапов такого анализа.

Предлагаемая последовательность изучения палинологических материалов разработана применительно к четвертичным отложениям европейской части СССР. Но она, очевидно, может быть использована при обработке аналогичных материалов и по другим территориям. Последовательность аналитических операций определяется следующим порядком получения данных, необходимых для дальнейших этапов анализа:

1. *Установление синхронности или гетерохронности компонентов спорово-пыльцевых спектров.* Выяснение присутствия или отсутствия переотложенных пыльцевых и споровых зерен в толще изучаемых отложений является исходным этапом интерпретации результатов анализа. Априорное отрицание переотложения оправдано только в отношении торфа верховых болот; в отложениях же всех других типов мы должны считаться с большей вероятностью такого явления. До получения строго аргументированного ответа на этот вопрос дальнейший анализ материалов становится бесцельным, а любые рассуждения о возрасте отложений — беспредметными.

Выявление пыльцевых и споровых зерен, переотложенных из размытых более древних четвертичных или неогеновых отложений, по их морфологическим особенностям может быть достигнуто лишь при больших различиях возраста. Метод автофлюоресценции, как отмечалось ранее, находится, по сути дела, еще в стадии разработки и также может быть использован при определении различия пыльцевых или споровых оболочек, лишь значительно отличающихся по возрасту. Практика же показывает, что мы часто сталкиваемся со случаями переотложения пыльцы из осадков очень близкого возраста, например, в отложениях ледниковой эпохи — из осадков предшествующего межледниковья. Основным критерием является экологическая совместимость или несовместимость определенных таксонов. Для необходимой систематизации результатов спорово-пыльцевого анализа весьма эффективно использование описанных выше флористических диаграмм, построенных по эколого-ценотическому принципу. На этих диаграммах экологически несовместимые таксоны выявляются вполне отчетливо. На основании сопоставления данных о распределении выявленных таксонов по экологическим группам с диаграммой их количественных соотношений в изучаемом разрезе выявляется необходимая информация: отсутствие закономерности в появлении и исчезновении того или иного таксона, а также отсутствие корреляции с изменениями содержания преобладающих компонентов спорово-пыльцевых спектров — достаточные основания для утверждения, что пыльца (или споры) данного таксона находится во вторичном залегании. В особых случаях следует использовать эколого-географический анализ (см. выше), позволяющий с полной определенностью и наглядностью выявить компоненты, находящиеся во вторичном залегании.

В горных районах выявление переотложенных элементов значительно усложняется. Присутствие в каких-то отложениях пыльцы и спор растений с несовместимой экологией может явиться результатом переноса из других, вышележащих растительных поясов. В этих случаях возникает необходимость в привлечении палеогеоморфологических данных для суждения о возможной поясной структуре растительного покрова в эпоху накопления изучаемых отложений. Полученные материалы в сочетании с данными анализа экологии и фитоценотических связей выявленных таксонов позволяют достаточно уверенно решать вопрос.

2. *Установление степени непрерывности накопления изучаемых отложений.* Перерывы в накоплении изучаемых отложений далеко не всегда фиксируются в геологических материалах. Недоучет этого обычного для континентальных отложений явления может привести к существенным ошибкам при интерпретации палинологических данных, поскольку окажется искусственно соединенной в действительности разорванная последовательность фаз становления растительности. Очевидно, к не менее существенным ошибкам приводит представление и о длительном перерыве, реально не имевшем места.

Наличие или отсутствие длительных перерывов в процессе седиментации изучаемой толщи отложений с наибольшей точностью устанавливается путем разделения их на горизонты, соответствующие стадиям плейстоценового климатического ритма. Эколого-ценотический анализ, вскрывающий в составе древесных пород, трав и споровых растений соотношение мегатермных и микротермных элементов, с одной стороны, и мезофильных и ксерофильных элементов, с другой — позволяет выделить горизонты, соответствующие его термоксеротической, термогигротической, криогигротической и криоксеротической стадиям. Если в изучаемом разрезе эта естественная последовательность оказывается нарушенной (какая-то стадия выпадает), то мы имеем все основания говорить о длительном перерыве в накоплении осадков, а следовательно, и о значительном пробеле в палеоботанической информации. И, наоборот, четко сохраняющаяся последовательность стадий с выявляющимися переходными горизонтами дает возможность утверждать, что длительный перерыв в седиментации отсутствовал.

Менее длительные перерывы фиксируются тем, что на каком-то уровне, совпадающем с изменением литологии отложений, происходит резкое изменение в содержании значительной части компонентов спорово-пыльцевых спектров. Недоучет таких перерывов также приводит к значительным искажениям в характеристике изменений растительности данной территории в соответствующую эпоху и может привести к ошибкам в корреляционных построениях — при корреляции подразделений более дробных, чем ярус в дочетвертичных отложениях.

3. *Выявление типа ископаемой флоры.* На основании палеоботанического изучения четвертичных отложений Русской равнины установлены три основных типа ископаемых флор: 1) интергляциальные, 2) интерстадиальные и 3) стеногляциальные (т. е. собственно ледниковые флоры).

В своем типичном выражении эти флоры обычно различаются достаточно легко. Но в тех случаях, когда в изучаемом разрезе представлены только начальная или конечная фазы интергляциала (межледниковья) или интерстадиала — возможны существенные ошибки, особенно если рассматриваются данные лишь о составе древесных пород. Эти ошибки, естественно, будут влиять и на оценку стратиграфического положения соответствующих слоев. Для определения типа флоры изучаемых отложений необходимо рассмотрение всей суммы палинологических данных и использование системы признаков.

4. *Критерии для установления стратиграфического положения и корреляции стеногляциальных и интерстадиальных флор.* При недостаточной изученности флоры и растительности ледниковых эпох в настоящее время возможно лишь установление положения этих флор в пределах той эпохи, к которой исследуемые слои относятся на основании геолого-геоморфологических данных. Критерием здесь является приуроченность к стадиям плейстоценового климатического ритма. В связи с этим при анализе палинологических

материалов по отложениям ледниковых эпох основное внимание должно быть направлено на выявление количественных соотношений мезофильных и ксерофильных компонентов спорово-пыльцевых спектров (в том числе — пыльники кустарниковых и древесных берез) и определение относительного участия мезофитов, ксерофитов и голофитов в составе пионерной растительности. Исходя из установленных соотношений, изученные флоры относят к криогигротической или к криоксеротической стадии. К первой половине ледниковой эпохи относятся флоры криогигротической стадии, ко второй (времени деградации оледенения) — флоры криоксеротической стадии.

5. *Критерии для корреляции и определения стратиграфического положения интергляциальных флор.* Определение стратиграфического положения интергляциальных флор в некоторых районах достигается путем корреляции их со стратотипическими разрезами отложений межледниковых эпох, имеющими достаточно полную палеоботаническую характеристику. Обоснованием корреляции являются следующие критерии: 1) специфические особенности последовательных изменений растительности на протяжении межледниковой эпохи (устанавливаются путем анализа спорово-пыльцевых диаграмм), 2) положение района — центра современной концентрации видов, определенных в отложениях климатического оптимума, 3) состав показательных видов, 4) состав и соотношение географических элементов флоры времени климатического оптимума (по данным палинологического и карпологического анализа), 5) рядовой состав и соотношение географических групп родов древесных пород во флоре времени климатического оптимума.

Эти критерии (1—5) обеспечивают корреляцию в пределах одного историко-флористического района, на площади которого расположены все стратотипические разрезы межледниковых отложений. Для обоснования корреляции с разрезами, расположенными в другом регионе, могут быть использованы только последние два критерия — 4 и 5.

Критерии 3, 4 и 5 являются основанием для установления возрастных соотношений интергляциальных флор и построения их возрастного ряда, независимо от корреляции со стратотипами. Такой путь является единственно возможным на территориях, где стратотипы горизонтов четвертичной системы не установлены или они не имеют палеоботанической характеристики.

Выполнение перечисленных операций при обработке палинологических материалов по какому-то разрезу, несомненно, потребует от исследователей затраты довольно значительного дополнительного времени. Но это будет полностью компенсироваться доказательностью и обоснованностью конечного стратиграфического или корреляционного вывода.

Таким образом, последовательность стадий анализа палинологических материалов представляется в следующем виде:

1) установление синхронности или гетерохронности компонентов спорово-пыльцевых спектров,

2) установление степени непрерывности накопления изучаемых отложений,

3) выявление ценотипа изучаемой флоры,

4) выбор критериев для корреляции и установления стратиграфического положения изучаемой флоры: а) для флор межледниковых эпох, б) для флор ледниковых эпох (интерстадиальных и стеногляциальных).

СТРАТИГРАФИЯ И КОРРЕЛЯЦИЯ ОТЛОЖЕНИЙ ДОНЕОГЕНОВОЙ ФАЗЫ КАЙНОФИТА

Донеогеновая флора, а следовательно и «палинофлора» раннего и среднего кайнофита, претерпела значительные изменения, в основном связанные с эволюцией покрытосеменных растений, а также с существенными изменениями в соотношении материков и океанов, которое в начале кайнофита значительно отличалось от неогенового и современного.

Всеземное заметное проявление покрытосеменности обнаружено по палинологическим данным с начала мелового периода. По микроскопическим остаткам точных сведений по этому вопросу пока еще мало. Поэтому судить об условиях обитания этих пионеров нового класса трудно, так же как остаются неизвестными их физиология и экология.

В 1981 и 1984 гг. Л. А. Куприяновой были получены интересные данные о происхождении растений, относящихся к семейству Chlorantaceae. Палинологические исследования пыльцы растений нескольких родов этого семейства показали некоторую морфологическую близость в строении экзины и апертур (или так называемых «ослабленных зон» в экзине) с аналогичными деталями в строении пыльцевых зерен (раннемеловые находки) типа *Asteropollis* и других морфоформ, которые палинологи относят к представителям класса покрытосеменных. Предположение о раннем (раннемеловом — позднемеловом) появлении покрытосеменных растений высказывали Е. Д. Заклинская, Д. Муллер, Ю. В. Уолкер и др.

Приспособлялись покрытосеменные к условиям среды обитания продолжительное время (поздний мел — ранние фазы палеогена); что и отразилось в поразительном разнообразии морфологии их пыльцы. Дифференциация покрытосеменных исключительно четко проявлялась в ранние этапы кайнофита. К позднему кайнофиту эта дифференциация стабилизировалась. Преемственность в формировании современных флористических царств сказалась в участии многих потомков ранних покрытосеменных в растительных ассоциациях на различных широтах и меридианах планеты. Трех-, а ранее однобороздновидное строение пыльцы ранних покрытосеменных оказалось наиболее стойким и сохранилось в течение всего кайнофита.

Систематический состав покрытосеменных, известных по палинологическим данным из отложений среднего кайнофита (поздний

турон — ранний палеоген), видимо, неоднократно изменялся. Многие таксоны полностью исчезали, оставляя лишь незначительные потомственные ветви, которые неоднократно давали вспышки адаптивной радиации. К концу эоцена уже не осталось представителей среднекайнофитовой флоры покрытосеменных, и в состав ландшафтов входили представители семейств и родов, о генетических связях которых с ранними покрытосеменными можно судить (пока еще) лишь по унаследованной симметрии пыльцы.

Большая часть покрытосеменных внеэкваториальных широт Северного и Южного полушарий, судя по морфологии пыльцы, не обнаруживает тесных потомственных связей с раннепалеогеновыми предками. Флора экваториальных широт представлена наибольшим разнообразием морфологических типов пыльцы, характерных для покрытосеменных ранних этапов кайнофита.

Исключительно выразительная морфология пыльцы ранних покрытосеменных позволила палинологам-биостратиграфам установить расположение (простирание) флористических царств и их провинций, характерных для ранних этапов кайнофита, а также общую схему хронологически сменяющихся этапов и фаз в эволюции флор, представляющих различные флористические царства.

Постепенно выявилась закономерность в структуре хронологической смены систематически не связанных, но находящихся на едином эволюционном уровне групп покрытосеменных в течение кайнофита.

К сожалению, установленные для кайнофита хронологически сменяющиеся крупные этапы, их фазы и подфазы, которые можно именовать палинохронами, несравненно длительнее тех хронов, которые удается определить на основании планктонных фораминифер и нанопланктона. Однако сопоставление их возможно. Палинохроны и границы их устойчивы, последовательные изменения необратимы, и в пределах палинохронов всегда можно найти место границ хронам, установленным по эволюционирующим быстрее, чем флора, организмам.

Ввиду того что палинология раннего и среднего кайнофита (поздний мел — ранний — начало среднего палеогена) располагает богатейшим фактическим материалом, накопленным при комплексном изучении опорных разрезов в различных регионах Северного и отчасти Южного полушарий, естественно, появилась возможность формализовать данные исследований с помощью сопоставления известных палинологических схем.

В результате были получены довольно интересные материалы (схемы), показывающие: а) соотношение палинохронов в течение раннего и среднего кайнофита в глобальном масштабе (однако в этом плане имеется наибольшее число хиатусов из-за неполноты палеонтологических данных по различным группам фауны); б) различие полноты палинологических комплексов (а следовательно, и флористическая неполнота) одновозрастных отложений, сформировавшихся в различных седиментационных бассейнах; в) наличие в составе этих, не тождественных по полноте, палинокомплексах

ключевых и коррелятивных таксонов; г) наличие пыльцы викарирующих таксонов, имеющих однотипное ландшафтное значение в пределах климатических зон, охватывающих материк западного и восточного полушарий. Удалось также сопоставить палинохроны с хронозонами, установленными на основании планктонных организмов, и определить соотношение между этапами и фазами в историческом развитии некоторых групп наземной и морской фауны и флоры, имеющих значение в биостратиграфии. В результате стало возможным комплексно использовать данные, полученные при параллельном изучении микрофитопланктона в отложениях прибрежно-морского и прибрежно-континентального генезиса.

Все изложенное в форме тезисов можно рассматривать в качестве матрицы, которая является апробированной на данное время, для обоснования расчленения и корреляции при изучении отложений, сформировавшихся в течение раннего и среднего кайнофита.

Когда мы касаемся палинологических исследований, являющихся основными в решении той или иной проблемы стратиграфии, обязанностью специалиста является извлечь из изучаемых отложений наиболее полный комплекс ископаемых пыльцы и спор, с помощью которого было бы возможно установить место ископаемой флоры в хронологическом ряду и принадлежность ее тому или иному флористическому царству, его области и провинции.

Региональные исследования, безусловно, наиболее важны при постановке работ, связанных с обоснованием стратиграфических подразделений. Для биостратиграфа детальное изучение региона является как бы «банком» данных для последующих широких обобщений, так как каждый обследуемый регион, простирающийся которого ограничивается определенным седиментационным бассейном, хранит комплекс сведений локального, общерегионального масштаба и в то же время является представителем того царства, области (и ее провинции), в пределах которых формировалась флора и растительность локальных ассоциаций.

Флора и растительность! Какое же из этих понятий должно быть положено в основу интерпретации данных палинологии раннего кайнофита? Конечно, флора, хотя бы уже потому, что понятие флора позволяет проследить эволюционные ее изменения в течение времени, абстрагируясь от частных изменений растительного покрова. К тому же палинология ранних этапов кайнофита оперирует значительным числом палинологических таксонов, связи которых с произведшими их растениями пока не установлены. Поэтому только в тех случаях, когда палинологические исследования удается осуществить в непосредственном контакте с изучением макроскопических растительных остатков (из одних и тех же слоев), появляется возможность судить о локальных растительных ассоциациях. В основном такие палеоботанические «удачи», связанные с находками остатков дендрофлоры или скоплений папоротникообразных и моховидных, чрезвычайно редки. Идеальными примерами комплексных исследований раннекайнофитовой флоры могут быть местонахождения Зейско-Буреинской депрессии, юг Са-

халина, отдельные регионы Казахстана и различные секторы Североамериканского континента.

В процессе детальных палинологических исследований на Южном Сахалине и были отработаны основные принципы палинологической корреляции отложений конца позднего мела — раннего палеогена. Этот район следовало бы считать стратотипическим для раннего и среднего кайнофита, а данные, полученные в результате исследований, могут быть положены в основу матрицы региональных палинологических исследований для стратиграфии и корреляции.

По признаку постоянного, в той или иной степени интенсивного участия ключевых, коррелятивных и характерных палинологических таксонов группируются «слои с палинологическим комплексом» (ПК), именуемым по двум, трем названиям ископаемых.

Палинологические комплексы рассматриваются в качестве показателей палинофлоры, развивающейся в течение ограниченного палинохрона. Каждая установленная палинофлора обычно характеризуется тремя основными палинологическими комплексами, необратимо сменяющимися во времени: начало формирования флоры, ее расцвет и угасание. Отложения, сформировавшиеся в пределах одной палинофлоры, используются в качестве характеристики регионального горизонта.

Последовательность палинологических исследований от локальных палинологических характеристик к обобщенной региональной, а затем и межрегиональной позволяет перейти к более широкой корреляции.

Региональные палинологические комплексы, представленные количественно разнообразными видами спор и пыльцы, в зависимости от фациальных особенностей изучаемых слоев повторяются в пределах региона, сменяясь во времени в аналогичной хронологической последовательности. В том случае, когда они устанавливаются в флороносных слоях или когда обнаруживаются в комплексе с морской фауной или в сопутствии с разнообразными видами представителей планктонных водорослей, все данные используются для определения условий седиментогенеза.

Маастрихтская (поздне меловая флора), как известно, деградировала, уступая место флоре нового (раннепалеогенового) этапа. Анализируя материал, изучавшийся в течение многих лет, можно прийти к выводу, что флора, изученная в последовательных сериях, эволюционирует очень медленно, определяя тем самым необходимость признания так называемого «переходного» времени, а следовательно, и переходных слоев между эпохами.

Если проследить соотношения между комплексом деградирующих и эволюционирующих таксонов и изобразить эти соотношения в виде нисходящей и восходящей кривых, то через точку их пересечения можно провести линию, условно фиксирующую границу между стратиграфическими подразделениями (рис. 6).

Что касается обоснования хронов по палинологическим данным, более подробного, чем фазы и подфазы (хронозоны, зоны, предус-

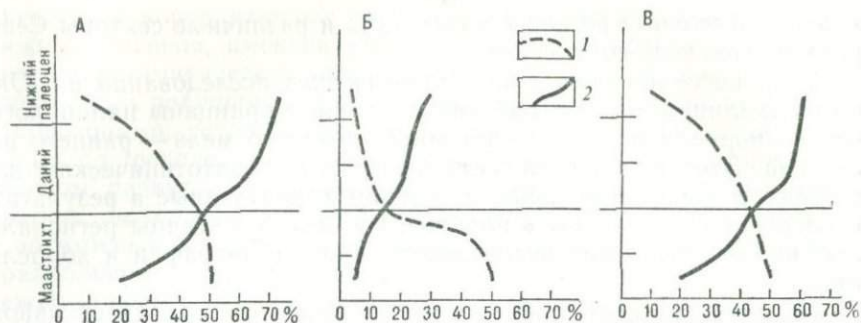


Рис. 6. Схема проведения границ между стратиграфическими подразделениями. По Е. Д. Заклинской (1981 г.)

А — соотношение числа видов деградирующей и эволюционирующей флоры на рубеже позднего мелараннего палеогена; Б — соотношение числа видов деградирующей и эволюционирующей флоры на рубеже позднего мела — раннего палеогена (по данным исследования опорных разрезов маастрихта и дания в Западной Европе, на юге европейской части СССР и на Сахалине); В — соотношение числа видов деградирующей и эволюционирующей флоры позднего мела и раннего палеогена (по данным палинологических исследований в районах атлантических побережий Северной Америки и Европы). Виды: 1 — регрессирующие, 2 — прогрессирующие

мотренные Стратиграфическим кодексом СССР), а тем более подразделений, по объему подчиненных им, то этот вопрос (эта проблема) в настоящее время находится в стадии разработки. Весомость данных для обоснования дробных подразделений зависит в значительной степени от темпов эволюционного развития различных организмов. Однако в среднем кайнофите (поздний мел — ранний палеоген) развитие покрытосеменных происходило очень быстро и в этот промежуток времени были установлены группы валидных палинологических таксонов, свидетельствующих о коренных и необратимых перестройках во флоре Земли.

В более поздние фазы кайнофита (после среднего эоцена) поиск компонентов для обоснования зонального членения больше связан с комплексными исследованиями, включающими не только изучение макрофлоры, фауны наземных животных, геофизических реперов и палеоклиматов, но и ряд других факторов, от которых зависят процессы миграции ареалов целых групп ландшафтообразователей. Примером могут служить пограничные слои между маастрихтом и данием в разрезе морских отложений (Бахчисарайский район), где с помощью комплексных исследований — включением данных о находках динофлагеллят — удалось доказать отсутствие перерыва между маастрихтом и данием [13]. Здесь при изучении слоев, охарактеризованных микрофауной (*Belemnella kasimiroviensis*) позднего маастрихта, кроме пыльцы и спор, были установлены виды диноцист зоны *Palydinium gralata* вместе с видами *Hafnisphaera fluens*, *Xenicodinium reticulata* и др., часто встречаемыми в отложениях нижней части датского яруса. Находки смешанного типа комплексов спор, пыльцы и клеток диноцист свидетельствуют о пограничном положении верхней части

зоны *Belemnella kasimiroviensis*. Это обстоятельство послужило основанием для проведения границы между маастрихтом и данием в кровле зоны *Belemnella kasimiroviensis*.

Если обратиться к палинostrатиграфии и корреляции поздних фаз кайнофита (поздний эоцен — плиоцен), то наиболее надежным методом флористического анализа следует считать изучение динамики ареалов родов их групп и видовых таксонов. В этом отношении представляет интерес пример, демонстрирующий исключительную эффективность ареалогического анализа (в основном опирающегося на ископаемые комплексы пыльцы представителей дендрофлоры).

Так, Е. Д. Заклинской было обосновано расчленение континентальных отложений Северного Казахстана. Ближайшим районом к пункту исследования, где развиты позднепалеогеновые — неогеновые морские осадки, являлось Северное Приаралье. Палинологические данные из морских отложений послужили в качестве реперных для выявления флористических сукцессий обширного района Северного Казахстана — Северного Приаралья. За ключевую палинологическую группу была принята пыльца голосеменных *Pinaceae*, *Taxodiaceae*, *Ephedraceae*, так как представители этих семейств претерпели серьезную деградацию на территории изучаемых регионов в течение позднего палеогена и начала неогена.

На основании сопоставления ареалов современного распространения избранных таксонов с районом, в котором изучались геологические разрезы палеогена и неогена, установлена резкая смена природных условий. Закономерности этих изменений были положены в обоснование биостратиграфии. Наличие коррелятивных таксонов голосеменных позволило осуществить синхронизацию отдельных стратиграфических подразделений, представленных континентальными и морскими отложениями, развитыми в Северном Казахстане, Северном Приаралье и в южных районах европейской части СССР.

На Сахалине и Камчатке, где последовательность стратиграфических подразделений в мощных, пестросложенных континентальных и субконтинентальных отложениях различных мощностей, залегание которых, по мнению Н. Я. Брутман, осложнено явлениями дислокаций и сопровождающей метаморфизацией, расчленение чрезвычайно затруднено. Долгие годы выработывались критерии для обоснования стратиграфии этих отложений. Оказался чрезвычайно эффективным метод изучения хронологической последовательности в смене распространения видов одного из представителей дендрофлоры (*Tsuga*), имевшего обширный ареал на Северо-Востоке СССР в течение олигоцена и миоцена.

Изучение морфологических признаков пыльцы рода *Tsuga* и изменение морфологии ископаемых оболочек показало, что в течение неогена род *Tsuga* претерпел серьезные изменения, видимо, связанные с условиями среды обитания. Количественные и качественные показатели видов *Tsuga* необратимо изменялись во времени, начиная с олигоцена до начала плиоцена (датировка по фаунистиче-

ским данным и последовательному прослеживанию при послойном изучении разрезов). К концу неогена *Tsuga* была вытеснена из лесных ассоциаций и отступила к югу. Таким образом палинологические исследования дают возможность выбирать коррелятивные таксоны даже в тех случаях, когда палинологические комплексы сильно обеднены и состав их показывает неполноту в силу плохой сохранности.

Следует отметить, что различие в применении палинологических данных при обосновании стратиграфии и корреляции раннего и позднего кайнофита заключено в том, что, используя палеоботанические методы, мы при этом располагаем различными временными параметрами. В течение раннего кайнофита мы имеем возможность проследить эволюционные рубежи в развитии отдельных таксонов и групп их и располагаем серией таксонов в видовом и родовом ранге, появление, расцвет и вымирание которых может быть зафиксировано. При изучении позднего кайнофита мы в основном оперируем с представителями таксонов различных стадий расцвета, осложненного миграционными процессами.

Поиск ключевых или коррелятивных таксонов в применении к палинологии позднего кайнофита большей частью не эффективен и в основном палинологические данные используются при обосновании биостратиграфии позднего кайнофита, прослеживании изменения их ареалов (так же как и ареалов отдельных родов) и установлении своего рода гипотетических, но близких к истине признаков структуры растительных сообществ. И в том, и в другом случаях правдоподобность всех наших реконструкций находится в теснейшей зависимости от правильности установления природных обстановок прижизненной фазы флористических компонентов, а также условий седиментогенеза, безусловно, влияющих на состояние ископаемых комплексов растительных остатков.

ПАЛИНОЛОГИЯ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ

Споры и пыльца древних растений представляют для исследователей интерес и как часть растения, и как самостоятельный объект.

Покидая материнские растения, не участвующие в процессе размножения, споры и пыльца представляют собой палеонтологические объекты, свидетельствующие о направлении воздушных и водных течений, о направлении сноса и дальности разноса терригенного материала, которым они увлекаются. Определение закономерностей распространения спор и пыльцы, цист динофлагеллат имеет большое значение при выяснении береговых линий древних бассейнов. Используются палинологические данные и при установлении перерывов в осадконакоплении.

Диапазон применения палинологических данных при различных палеогеографических построениях достаточно широк. Палинологические материалы должны использоваться в комплексе с другими

показателями. Но даже и при этом выводы о реконструкции флоры, растительности и климатов прошлого будут носить условный характер.

Так, С. В. Мейен, считая возможным употребление термина «флора» по отношению к ископаемым флорам, по-иному относится к термину «растительность». По его мнению, существовавшие типы растительности немыслимы без экологической оценки отдельных растений, без выделения фитоценозов и достаточно полной характеристики обстановки произрастания последних. Естественно, сведения о такой обстановке приблизительны, следовательно, о типах растительности геологического прошлого можно говорить с большой осторожностью, особенно когда речь идет о выделении дробных типов растительности. Он указывает на неправильность уверенных высказываний многих исследователей (в том числе палинологов) о многочисленных типах растительности прошлых веков (растительность аккумулятивных склонов и водоразделов и т. д.). Опираясь таксонами естественной системы, по его мнению, палинологи принимают в качестве исходного пункта постоянство экологической приуроченности представителей определенного таксона. С. В. Мейен утверждает, что неправильно придавать любой группе постоянную экологическую приуроченность, кроме того пыльца определенного типа может принадлежать и разным группам растений. Причем не только группа, но даже один вид может иметь существенно разные местообитания. В качестве примера он приводит обыкновенную сосну, которая может расти как на песчаных почвах, так и на болотах. Различные жизненные формы могут быть даже в пределах одного рода. Давать же ярусное расчленение растительности по ископаемым остаткам, по мнению С. В. Мейена, большей частью невозможно, а по палинологическим комплексам — вообще недопустимо.

При выявлении основных закономерностей распределения современных растений в пространстве ботаники строят две серии карт. На одних картах выделяются флоры различных типов, флористическое районирование основывается на анализе ареалов видов, геоботаническое районирование — на распространении фитоценозов.

На мелкомасштабных картах, составленных для отдельных материков или всего земного шара, флористические области и провинции, по мнению С. В. Мейена, примерно совпадают с геоботаническими областями и провинциями, поскольку в конечном итоге как во флоре, так и в растительности находят отражение климатические зоны и предшествующая история развития растительного покрова. Исторически сложилось, что в основе современных флористических областей лежат эндемичные семейства и роды, более мелкие единицы основаны на распределении родов и видов.

Для выделения древних фитоценозов, по С. В. Мейену, автоматически переносить эти критерии можно отчасти только для кайнозойских и позднемезозойских флор. Для раннемезозойских и палеозойских флор не всегда установлена систематическая принадлеж-

ность растений, кроме того в процессе исследования мезозойских и палеозойских флор изменяются многие сложившиеся представления о такой принадлежности растений. Говоря о мезозойских и палеозойских флорах, он заключает, что в них уже нет известных в современном растительном мире растений, по которым можно судить о палеоклиматах.

Для палеозоя и мезозоя можно уверенно выделять климатические условия лишь двух типов: тропические и внетропические.

Признавая аргументированность выводов С. В. Мейена, необходимо отметить следующее. Несмотря на неполноту геологической летописи и существующие разногласия между исследователями-палеоботаниками по вопросам состава и возраста отдельных флор и типов растительности, все получаемые выводы базируются на реально существовавших объектах и по мере накопления данных многие неясные положения найдут свое объяснение.

Что касается палинологов, то, рассматривая споры и пыльцу как часть растений, необходимо отметить и некоторые преимущества этих объектов по сравнению с крупномерными остатками. Споры и пыльца многочисленны, они обладают устойчивой оболочкой, сохраняющейся при воздействии многочисленных внешних факторов, и представляют собой целый репродуктивный орган, генетически связанный с продуцирующим его растением.

Консервативность многих видов спор и пыльцы, установленная наблюдениями их в отложениях очень широкого возрастного диапазона, большое морфологическое сходство ископаемых спор и пыльцы с таковыми некоторых ныне живущих растений могут использоваться при реконструкции флор и типов растительности прошлого. В закрытых районах, где особенно редки крупномерные остатки растений, споры и пыльца являются единственными объектами, дающими представление о флоре и растительности рассматриваемых отрезков геологического времени.

В настоящее время известно довольно много работ, посвященных вопросам реконструкции флор и растительности по палинологическим данным. Напомним о том, что при использовании палинологических данных для различных палеогеографических построений, необходим комплексный подход (привлечение материалов по физическому составу горных пород, определение остатков фауны, крупномерных остатков растений, акритарх и т. д.). Естественно, что при реконструкции флоры и типов растительности могут быть использованы только таксоны генетической классификации. Это положение требует от палинологов установления места наблюдаемых объектов в естественной системе классификации.

Остановимся на термине «палинофлора», употребляемого в настоящее время рядом исследователей.

Согласно определению Е. Д. Заклинской, «палинофлора» — ископаемая флора, восстановленная на основе палинологических данных. Это весь список таксонов, обнаруженных в ископаемом состоянии, который, хотя и не в полной мере, но достаточно полно

характеризует основные особенности флоры, присущей определенному ее эволюционному уровню.

В работах последних лет фигурирует также определение «палинофлористического районирования». Так, в работе Г. Ф. В. Хенгрина и А. Ф. Хлоновой (1983 г.) «Меловые палеофлористические провинции» приводится палинофлористическое районирование земного шара в меловом периоде; при этом авторы принимают терминологию современного флористического районирования.

Исторически сложилось, что понятие о палеофлористических подразделениях связано с участками суши, покрытой растительностью. Споры и пыльцу растений содержат отложения и морского происхождения, т. е. палинологически охарактеризованными являются и территории, представляющие в прошлом морские бассейны. Так, в раннемеловое время большая часть территории Западно-Сибирской плиты представляла собой обширнейший бассейн, растительность же занимала только окраинные части равнины. Флористический состав ее указывает на существование здесь растительности двух различных палеофлористических областей — Европейско-Синийской (западная и юго-западная части плиты) и Канадско-Сибирской* (восточная, юго-восточная части). Площади, занятые морем (за исключением островов), естественно, не могут рассматриваться как территориальные флористические подразделения. Однако осадки, формирующиеся в бассейнах, содержат споры и пыльцу растений, занесенные сюда воздушными и водными течениями. Спорово-пыльцевые комплексы, обнаруженные в этих осадках, будут иметь явно аллохтонный характер и могут отражать флору участков суши, иногда очень удаленной. Здесь возможно попадание в один комплекс спор и пыльцы растений, произраставших на участках, разделенных значительными расстояниями. Расшифровка палинологических данных в этих случаях может дать представление о направлении движения терригенного материала, с которым заносятся споры и пыльца (кроме воздушного пути), дальности его разноса, что в свою очередь дополнит сведения о механизме формирования осадков и наличии морских течений и дельт палеорек.

Рассматривая систематический состав спорово-пыльцевых комплексов, изучая их характеристику, необходимо представлять палеогеографическую обстановку, существовавшую в рассматриваемый отрезок геологического времени. При определении типа растительности, отраженной спорово-пыльцевыми комплексами, извлеченными из морских осадков, нужна большая осторожность. Проведение же границ между палеофлористическими подразделениями внутри палеобассейнов нам представляется неправомерным. Границы, разделяющие территории с различными палинологическими характеристиками, являются рубежом между сферой влияния растительности различных флористических областей, а также сферой влия-

* Название палеофлористических областей здесь и далее дается по В. А. Вахрамееву.

ния других факторов, имевших место при формировании спорово-пыльцевых комплексов.

При употреблении терминов «палинофлора», «палинофлористическое районирование» необходимо вносить ясность в их смысловое значение. Термин «палинофлора», вероятно, можно употреблять только в том случае, когда речь идет о реконструкции флоры по палинологическим данным. На наш взгляд, нет необходимости применять этот термин как постоянно употребляющееся определение при приведении списков спорово-пыльцевых комплексов в разнообразных палинологических заключениях. Термин «палинофлористическое районирование» следует употреблять применительно к участкам суши, где произрастала растительность, флористический состав которой устанавливается по палинологическим данным.

Деление же территории по признаку однородности или неоднородности спорово-пыльцевых комплексов, вероятно, правильнее называть «палинологическим районированием».

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ФЛОРЫ, РАСТИТЕЛЬНОСТИ И КЛИМАТОВ ПРОШЛОГО

Одним из важнейших звеньев в палеогеографических реконструкциях прошлого Земли являются палеоботанические исследования. Помимо установления и картирования палеофлористических областей и провинций делаются попытки реконструировать палеоландшафты, что дает материал для прогнозирования местонахождений многих типов полезных ископаемых. В основу построения палеобютогеографических карт должны быть положены все палеоботанические материалы в комплексе с фаунистическими, литолого-фациальными, палеоклиматическими и палеоландшафтными исследованиями. Подобные карты могут дать ключ к пониманию причин различия в составе разновозрастных фаун и флор и их географического размещения.

В частности, палеобютогеографическое (а как часть его и палеоботаническое) районирование может быть использовано при корреляции стратиграфических подразделений фанерозоя.

За последнее время восстановление палеогеографической обстановки далеких геологических эпох привлекает внимание исследователей, причем проводится реконструкция и палеозоя.

Однако методика, применяемая при этом, различна в зависимости от возраста флор, остатки которых сохранились в ископаемом состоянии. Для более молодых эпох подобные реконструкции достаточно детальны, для древних — сделаны лишь в самых общих чертах.

Остановимся на истории реконструкции мезозойских флор. Значительную информацию при проведении подобных исследований дают палинологические материалы.

Палинологические исследования дополняют и расширяют те данные, которые получаются при изучении макроскопических остатков. Известно, например, что захоронение листьев, плодов и семян

связано с условиями обитания растений. А. Н. Криштофович писал, что мы имеем сохранившиеся главным образом гидрофильные и мезофильные флоры в ущерб ксерофильным, флоры побережий и болот — в ущерб горным и, наконец, остатки деревьев, сбрасывающих массу листьев,— в ущерб остаткам трав, сгнивающих на месте.

Палеонтологически документированная история растительного мира Земли, как считает А. Н. Толмачев,— это в основном история низинных лесов, болот и водной растительности. Он отмечает исключительную перспективность параллельного анализа результатов изучения «листных флор» и палинологических материалов, так как комплексные исследования взаимно дополняют друг друга. Например, хорошо известно, что пыльца некоторых растений, таких, как *Populus*, *Platanus*, *Laurus*, *Larix*, редко встречается в ископаемом состоянии, тогда как их листовые отпечатки фиксируются в изобилии. Может быть и так, что по листовым отпечаткам описывается несколько видов одного рода растения, а споры их различаются слабо (род *Coniopteris*). В этом случае «лиственная флора» более разнообразна. Как считает В. А. Красилов, возможно, что это «разнообразие» при критическом пересмотре видов можно сократить и тем самым уменьшить расхождение между данными, полученными с помощью этих двух методов исследования. На недостаточное четкое определение листовых отпечатков и вытекающие из этого последствия указывает З. П. Просвирякова, говоря о сравнении данных о «лиственной флоре» и палинологических. И, наоборот по мнению А. Н. Толмачева, некоторая часть видов, выявляемых палинологическим анализом, будет вообще новой, отчасти неожиданной для исследователя, изучавшего только макроскопические остатки соответствующей флоры. Он справедливо замечает, что палинологические материалы дают усредненную характеристику флоры, в отличие от местонахождений макроскопических растительных остатков, которые в основном связаны с местом произрастания и отражают растительность низин. Палинологические комплексы отражают специфику флоры низин, водоразделов, низкогорий. Растительность последних была, очевидно, более дифференцирована, чем интразональные ее типы.

Однако целым рядом палинологов были сделаны попытки выделить из смешанных палинологических комплексов группы таких таксонов, которые могли быть связаны с локальными физико-географическими обстановками, представляющими растительные ассоциации, характерные для определенных типов растительного покрова. Первые карты, составленные на этом принципе по палинологическим данным, были опубликованы в 1966 г. И. М. Покровской с соавторами. В настоящее время известно большое число карт, составленных по данным палинологии. Часть из них относится к флористическому районированию прошлых эпох, часть — к дифференциации растительности голоцена, плейстоцена и миоцена. Некоторыми исследователями на основании комплексных палеоботанических данных реконструирована ландшафтная обстановка для кайнозоя, мезозоя и палеозоя (И. М. Покровская, Е. Д. Заклин-

ская, Л. Г. Маркова, Ю. М. Кузичкина, Н. Д. Мchedlishvili, С. Р. Самойлович и многие другие).

Палеофлористические построения в СССР были начаты А. Н. Криштофовичем еще в 1939 г. и впоследствии широко вошли в практику палеоботанических исследований, включающих реконструкцию дифференциации древних флор (В. А. Вахрамеев). Основные данные по флористическому районированию изложены в разделе «Флора и растительность» настоящей книги. Здесь же остановимся на реконструкции палеоклиматических обстановок прошлого, с которым теснейшим образом связана дифференциация флор, этапы и фазы в истории развития ландшафтов прошлого.

Вопрос о климатической зональности и, соответственно, зональных типах растительного покрова представляет большой интерес, в особенности при изучении зависимости их положения по отношению к экватору и полюсам. Ботанико-географическая зональность, как указывает Н. М. Страхов в своем капитальном труде «Теория литогенеза», появляется уже с ордовика. Он реконструирует климатические зоны на основании литологических данных, которые, по его мнению, дают однозначные бесспорные решения и могут поэтому использоваться для реконструкции палеоклиматов совершенно уверенно. На картах климатической зональности показаны аридные пояса — северный и южный, экватор проходит в промежутке между ними, и там располагается влажная тропическая зона; умеренные зоны идут за аридными поясами по направлению к северу и югу. На этих же картах показаны, с учетом палеоботанических данных, основные растительные формации северной умеренно влажной и северной аридной, а также южной тропической и южной аридной климатических зон.

Л. Б. Рухин в 1957 г., занимаясь климатами прошлого, пользуется не только литологическими данными, но и изотопным методом, а также принимает во внимание наблюдения над органическим миром. Он отмечает постоянство расположения древних климатических зон и их постоянное приближение к современному положению, указывая, что несмотря на неоднократные изменения размеров и формы древних материков, общий характер климатической зональности оставался одним и тем же. С его концепцией трудно согласиться.

Исследованием древних климатов Евразии занимались Л. Б. Рухин и В. М. Сеницын. В работе «Введение в палеоклиматологию» (1980 г.) В. М. Сеницыным обобщены методы и результаты исследований древних климатов. Им рассмотрены литолого-минералогические, палеоботанические, палеонтологические, геоморфологические индикаторы климатов прошлого.

Детальное описание и реконструкция растительности, ландшафтов, климатов в юре, мелу и палеогене Сибири дана в работах А. В. Гольберга, С. Р. Самойлович и других исследователей. Им широко использованы данные палинологии, однако не всегда критически оцениваются ее возможности. Работы подобного характера во многом дискуссионны. Принимая во внимание, что при палеобо-

танических исследованиях большой процент ископаемых форм не может быть классифицирован в пределах низких таксонов естественной системы (вид, род, семейство), в палеоботанике широко используется так называемая формальная морфологическая система классификации. Она применяется как при изучении макроскопических остатков флоры, так и в палинологии. Дисперсные макроскопические остатки растений (листья, плоды, древесина) несут информацию экологического ряда. Споры и пыльца подобной информации не дают или отражают их гипотетически.

В ряде случаев удается доказать близость палинологических видов к рангам известных во флоре родов или семейств и тогда появляется возможность (по аналогии с соответствующими рангами таксонов современной флоры) предполагать принадлежность растений, продуцирующих ископаемые споры и пыльцу, к климатическим условиям — умеренных, субтропических, тропических зон. Также прибегая к аналогиям, можно предполагать принадлежность продуцентов спор и пыльцы к определенным параметрам влагообеспеченности (мезофиты, ксерофиты).

Следует признать, и это несомненно, что реконструкция растительного покрова доплиоценовой эпохи является в значительной мере условной.

В современном растительном мире не всегда находятся аналоги, которые могли бы подтвердить правильность наших предположений о характере растительности таких древних флор, как юрские и меловые. Это же относится и к реконструкции палеоклиматов. Принимая в качестве индикатора сухого или влажного, холодного или теплого климата те или иные растения, необходимо помнить о том, что даже в пределах одного рода существуют разные виды с разной реакцией на внешнюю среду; еще больше это относится к семействам, которые часто объединяют различные по своей экологии роды. По этому поводу А. Н. Криштофович в 1956 г. писал, что виды одного рода, и особенно роды одного семейства, могут быть экологически совершенно различными. И особенно опасно в этом отношении опираться на свойства реликтов, оторванных от обстановки прошлого и вследствие своей пластичности вошедших в современную формацию из далекого прошлого. Для заключения о климате весьма важное значение имеют данные по литологии, угленосности пород и другие факторы, свидетельствующие об определенной обстановке.

На основании сказанного можно сделать вывод, что геоботаническая реконструкция по палинологическим данным возможна лишь в том случае, если принадлежность ископаемых спор и пыльцы к родам и семействам, известным в современной (или вымершей) флоре, доказана; палеоботанические материалы должны рассматриваться вместе с литолого-фацциальными, геохимическими и палеонтологическими данными.

Ботанико-географическая зональность, по данным А. Н. Криштофовича, начинается несколько позднее климатической. Это связано с тем, что до начала девона «наземной растительно-

сти» не существовало вообще или она не играла никакой видной роли.

Первые наземные псилофитовые флоры были еще приурочены к прибрежно-водным условиям обитания, поэтому их распространение определялось в большей степени экологическими факторами, чем климатическими условиями. В карбоне начинают проследиваться три основные климатические зоны с тропическими и субтропическими флорами, флорами умеренных зон Северного и Южного полушарий. Эти флоры дифференцировались в пределах областей и провинций. На карте флористической дифференциации в позднем палеозое А. Н. Криштофовичем в 1957 г. уже были показаны флористические области и провинции. На существование подобной дифференциации в мезозое А. Н. Криштофович указывал, располагая значительно меньшим фактическим материалом, чем палеоботаники наших дней.

Еще в 1939 г. он обращал внимание на различие поздне триасовой беннеттитовой флоры Тонкина, Памира, Кавказа и частично Уссурийского края и гинкговой флоры Урала, а в юре — европейско-тихоокеанской беннеттитовой флоры и гинкговой — сибирской. Эти соотношения растительности и флоры еще больше проявляются в течение позднего мела.

На палеогеографической карте Азии им было показано, что в районе Сибири в средней юре цикадофитов нет или мало, а в южных районах европейской части СССР, Средней Азии и Китае — цикадофиты изобильны. Этим как бы намечается зональность внутри «утомительно однообразной», как ее называет А. Н. Криштофович, юрской флоры.

В. Д. Принада впервые выделяет сибирскую флористическую область, а флору, которая ее характеризует, называет «сибирской». Для нее, по его мнению, типично обилие папоротников типа *Sonopteris* и *Cladophlebis*, гинкговых, примитивных хвойных и малое количество цикадофитов и кейтониевых. Такая флора просуществовала от среднего триаса до конца юры. Точно границы области очерчены не были из-за плохой изученности раннемеловых флор Восточной Сибири, хотя она занимала всю территорию от Восточного склона Урала до берегов Тихого океана. В позднеюрское время Сибирская область резко сократилась, что объяснялось влиянием аридизации климата. Но В. Д. Принада считал, что трансгрессия моря на юго-западной, восточной и юго-восточной окраинах СССР явилась главной причиной сокращения ареалов многих таксонов растений.

В 1970 г. вышла в свет книга коллектива авторов — В. А. Вахрамеева, И. А. Добрускиной, Е. Д. Заклинской и С. В. Мейена «Палеозойские и мезозойские флоры Евразии и фитогеография этого времени», иллюстрированная картами палеофлористической дифференциации. Карты составлялись по всем типам палеоботанических остатков (макрофлора, споры и пыльца). Флоры поздней юры и раннего мела почти полностью охарактеризованы по палинологическим данным Н. А. Болховитиной, И. Д. Котовой, О. П. Яро-

шенко, В. И. Ильиной и других палинологов; палеофлористическая дифференциация на рубеже позднего мела и раннего палеогена проведена на основании данных Е. Д. Заклинской.

Климатическая зональность, безусловно, отражается на формировании растительного покрова. Растительность в пределах различных флористических царств подчинена единой климатической зональности. Так, А. Н. Кривошеин в работе «Происхождение и развитие мезозойской флоры» отмечает, что морфологическое чередование мезозойских флор тесно связано с изменением климата. Наибольшее влияние на эволюцию растительного покрова оказывают климатические изменения и геологические явления, им сопутствующие, или даже их обуславливающие. Большое значение имеет наступление аридных условий, которое приводит к резкой смене систематического состава растительного покрова. В периоды аридизации климата перестройка растительного покрова сопряжена с усиленной миграцией целых формаций или отдельных таксонов. Полихронные флоры (дендрофлоры) формировались в периоды относительного геологического покоя и устойчивого климата. Развитие их связано со средним кайнофитом и более древними эпохами.

В последние два десятилетия обширные исследования по восстановлению истории развития флоры мезозоя проведены для территории Западной Сибири. Выводы, полученные при выполнении этих работ, были основаны на палинологических данных. Кратко остановимся на них.

Первая попытка восстановления истории флоры мезозоя Западной Сибири сделана в работе З. А. Войцель, Е. В. Ивановой, Л. Г. Марковой и Ю. В. Тесленко «К истории развития мезозойской флоры Западно-Сибирской низменности», опубликованной в 1961 г. Авторами были даны карты-схемы для лейаса, доггера, мальма, валанжина, готерив-баррема, апт-альба, сеномана, сеноман-туруна и сенона этой территории. При составлении карт палинологические данные были использованы для построения круговых диаграмм, отражающих количественное соотношение основных компонентов комплекса пыльцы и спор: споры плаунов, древовидных папоротников, глейхениевых, схизейных, пыльца цикадофитов, гинговых, древних хвойных, сосновых, покрытосеменных. Анализ этих диаграмм показал, что, например, в средней юре состав комплексов был удивительно однообразен, в поздней — доминировала пыльца *Classopollis*, но ее количественное содержание в комплексах северных и южных районов низменности было различным. На юге Западной Сибири наблюдается изобилие пыльцы *Classopollis*, на севере ее заметно меньше. В готерив-барремских комплексах отмечается большое количество спор тропических папоротников, особенно семейства схизейных. Пыльца покрытосеменных фиксируется, начиная с апт-альба в южных районах низменности, на севере она встречается не раньше турона.

Детальное палеофлористическое районирование и описание флоры и предположительного типа растительности раннего мела

Западной Сибири проведено Л. Г. Марковой в 1971 г. Ею была использована та же методика построения круговых диаграмм для комплексов, выделенных из отложений валанжина, готерив-баррема и апт-альба Западной Сибири. На основании сходства и различия установленных комплексов на картах-схемах показаны палеофлористические районы и проведена граница между Европейско-Синийской и Канадско-Сибирской палеофлористическими областями. На основании палинологических критериев эта граница проведена по иным координатам, чем в работах В. А. Вахрамеева 50-60- годов. В валанжине и готерив-барреме она проходила несколько севернее, а в апт-альбе — южнее. Каждый палеофлористический район характеризуется усредненным составом основных компонентов и определенным типом растительности.

К факторам, влияющим на формирование новых растительных ассоциаций, относятся изменения температуры, влажности, свойства почвы. Эти изменения, по мнению А. Н. Криштофовича, связаны с геологической историей района и, в частности, с развитием его рельефа. Потепление или похолодание, увлажнение или аридизация, повышение или нивелировка рельефа, трансгрессия или регрессия моря — все это могло служить причиной изменения растительного покрова. Происходило изменение отдельных групп таксонов растений при крайне медленной эволюции систематического состава флоры во времени. Перестройка растительных ассоциаций осуществлялась в пределах границ одной полихронной флоры.

Для реконструкции растительности раннемеловой эпохи в качестве палеогеографической основы были взяты палеоландшафтные карты А. В. Гольберта, И. Д. Поляковой и других исследователей, опубликованные в 1968 г., и на них нанесены основные элементы, характеризующие флору. На картах были показаны границы суши и моря, равнины, озерно-аллювиальные равнины, мелководье и т. д. В соответствии с условиями природных обстановок реконструировались экологические типы растительности: заросли из хейролепидиевых, гинкгово-папоротниково-хвойные леса, папоротниково-хвойные леса, хвойно-папоротниковые леса, хвойные леса с зарослями папоротника *Gleichenia*.

А. В. Гольбертом, Л. Г. Марковой, И. Д. Поляковой, В. Н. Саксом и Ю. В. Тесленко в 1968 г. были описаны палеоландшафты Западной Сибири в юре, мелу и палеогене. Сделана попытка осуществить комплексный анализ палеофлористических, литологических и других данных с целью построения региональных палеоклиматических карт для юры, мела и палеогена Западной Сибири.

Известна тесная связь наземной растительности с климатом, которая наблюдается в настоящее время. Можно предположить, что подобные связи существовали и в геологическом прошлом. Следовательно, при региональных климатических реконструкциях одной из первоочередных задач является выяснение палеофлористической дифференциации в пределах изучаемого региона. Такое районирование должно отражать, с одной стороны, распределение и, с другой, — экологическую приуроченность растительного покрова.

Условность этих построений была очевидна, но они подкреплялись данными литологии, минерального состава, были учтены распространение пород — индикаторов климата, а также палеотемпературные замеры вод морей изотопным методом и др.

Все таксоны, входящие в состав палинологических комплексов, были сгруппированы по их предполагаемой принадлежности к той или иной климатической зоне: основывалось это главным образом на систематическом родстве растительных форм прошлого и настоящего, использовались таксоны в ранге порядков, семейств, родов: папоротников, голосеменных, покрытосеменных растений.

Споры и пыльца, не имеющие аналогов в современной флоре и определяемые по искусственной классификации, выделялись в отдельные группы вне связи с экологическими условиями. Кроме того, все входящие в комплекс споры и пыльцевые зерна папоротникообразных, голосеменных и покрытосеменных растений распределялись по предположительному их отношению к влаге на три большие группы: гигромезофильную, ксерофильную и эврифильную. К последней относились споры и пыльца растений, которые могут существовать как во влажных, так и в сухих условиях местообитания.

Учитывая весь состав палинологических комплексов по соотношениям входящих в них мезофильных, ксерофильных, теплолюбивых и умеренных групп растений, были построены циркуграммы, которые наносились на карты, а затем устанавливались предполагаемые границы палеофлористических и палеоклиматических зон. Для более объективной оценки полученных данных вычислялись коэффициенты термофильности и гидрофильности (А. В. Гольберт, Н. Д. Полякова), позволяющие оценить количественно, конечно, в относительных значениях, климатические условия, в которых произрастали древние растения.

В связи с поисками полезных ископаемых этой же методике была посвящена еще одна работа А. В. Гольберта, А. Г. Марковой и др. (1977 г.) «Палеоклиматы Сибири в меловом и палеогеновом периодах». Палеофлористические зоны были выделены в апт-альбе, сеномане и туроне, раннем, позднем сеноне, палеоцене и эоцене.

Значения коэффициентов K_t и K_r , вычисленных для каждой зоны и подзоны, являются мерой «теплолюбивости» и «влаголюбивости» палинофлор и одновременно индексами температур и влажности палеоклиматов — величин, пропорциональных среднегодовым температурам и количеству атмосферных осадков в году. Они иллюстрируют постепенное изменение климата с юга на север, значения K_t при этом закономерно уменьшаются, а K_r , напротив, — возрастают.

Климатическая интерпретация геологических формаций также подтвердила основные выводы, сделанные при построении палеофлористических карт по палинологическим данным. Были даны рекомендации, связанные с поисками полезных ископаемых.

Значительный интерес представляет работа палинологов ВНИГРИ по построению карт растительности. С. Р. Самойлович с

группой соавторов были проведены обширные исследования и построены карты растительности на основе палинологических данных; последние опубликованы в ряде работ 70-х годов, где подробно изложена методика построения карт. В ее основу положено составление круговых диаграмм, отражающих конкретные палинологические данные. Основные принципы их построения: 1) установление систематической принадлежности или близких связей возможно большего количества ископаемых микрофоссилий с таксонами естественной системы (любого ранга), 2) определение возможных или предполагаемых экологических особенностей древних растений (отношение к температуре и влажности), их жизненных форм и ценологических особенностей, 3) оценка предполагаемого количественного участия различных таксонов в древних растительных сообществах.

Полученные диаграммы на палеогеографическую основу, а предполагаемые растительные группировки наносились на палеофитологические карты с учетом литологии осадков, палеогеографии района, палеонтологических и палеоботанических данных. По этой методике было составлено 15 детальных карт палеорастительности Севера Сибири и северо-востока европейской части СССР (от средней юры до позднего олигоцена). Изученная территория простирается от Печорской низменности на западе до Верхоянья на востоке, с юга она ограничивается 56—60° с. ш. Почти все карты растительности сопровождалась отдельными карточками-схемами ботанико-географического районирования.

Указанными авторами описан растительный покров изученной территории (от мела до позднего палеоцена), рассмотрено развитие флоры и растительности и восстановлены палеоклиматы всех изученных временных уровней по отдельным районам: бассейн Печоры и Хатанги, север Западной Сибири и Западная Якутия.

В 1976 г. вышел в свет «Атлас литолого-палеогеографических карт юрского и мелового периодов Западно-Сибирской равнины» под редакцией И. И. Нестерова. В нем использована огромная информация по стратиграфии, палеонтологии, литологии, геохимии юрских и меловых отложений, полученная в результате анализов мезозойских отложений, вскрытых глубоким бурением на территории Западно-Сибирской равнины.

Коллективом ЗапСибНИГНИ при участии сотрудников СНИИГ-ГиМСа, ИГиРГИ, ВНИГРИ, НИИГА и НТГУ построены 23 литолого-палеогеографические карты отдельных веков юрского и мелового периодов, имеющие значение для прогнозирования и поиска осадочных полезных ископаемых. Восстановление растительных сообществ на палеогеографических картах производилось по палинологическим данным. Крупномерные остатки флоры в районе Западно-Сибирской равнины весьма редки и известны в очень ограниченном числе месторождений. Для реконструкции палеорастительности была принята методика, разработанная в 1971 г. палинологами ВНИГРИ.

В каждом пункте исследования для серии анализов, характеризующих определенное стратиграфическое подразделение, составлялась круговая диаграмма, отражающая процентное соотношение отдельных компонентов палинологического комплекса. Здесь же отображалось отношение растений, продуцирующих извлеченные споры и пыльцу к температурным условиям и влажности. Диаграммы составлялись, как правило, для каждого разреза. На картах в одной точке иногда объединялось несколько разрезов, иллюстрированных отдельными палинологическими диаграммами. Был использован большой палинологический материал, обеспечивший достаточную достоверность построений. Как основа, на которую в условных обозначениях наносилась флора, были использованы литолого-палеогеографические карты, построенные коллективом авторов, участвующих в составлении Атласа.

Анализ вещественного состава отложений юры и мела, содержащих фаунистические и растительные остатки, а также акритархи, позволили авторам Атласа установить границы палеобассейнов в рассматриваемое время и выделить в древних морях области: глубокой части шельфа, относительно глубокой части шельфа и мелкой части шельфа с прибрежной зоной. В пределах суши выделены прибрежные равнины, временами заливаемые морем, низменные аккумулятивные озерно-аллювиальные равнины, денудационно-аккумулятивные равнины, возвышенности и горные обрамления.

При реконструкции флоры и типов растительности отдельных веков рассматриваемого времени палинологи учитывали такие факторы, как состав палинологических комплексов, наличие или отсутствие в мацератах акритарх, местоположение исследуемого пункта по отношению к рельефу на литолого-палеогеографической карте и др. Спорово-пыльцевые комплексы, полученные из морских отложений, представляют аллохтонные палеонтологические объекты и характеризуют флору участков суши, являющейся областью питания при формировании осадков в рассматриваемый отрезок времени.

Анализ огромного палинологического материала, комплексный подход к его расшифровке позволили авторам Атласа сделать многочисленные выводы о флоре и типах растительности в юрское и меловое время, о климате и местах обитания растений с учетом возможного сочетания отдельных пород растений, температурных условий их обитания и условий произрастания. При восстановлении ареалов отдельных групп растений применялся метод актуализма. Контуры растительных ассоциаций проведены условно, с учетом количественного содержания отдельных компонентов и предполагаемых экологических условий.

Вопросам развития флоры неокома в Западной Сибири посвящены также работы С. И. Пуртовой, Ю. Ф. Широковой, Н. С. Бочкаревой и других, опубликованные в 1973 и 1980 годах. Авторами была использована методика палинологов ВНИГРИ и составлены схематические карты растительности для валанжинского, готерив-

ского и барремского времени. Карты отражают время максимального распространения суши и отличаются большей детальностью. При составлении палеофлористических карт было учтено, что в Тазовском районе, где ранее предполагалось существование крупного острова, найдены стеногаалинные двустворки и ассоциации фораминифер, подтверждающие существование морских отложений валанжина и раннего готерива.

По мнению указанных авторов, граница, проходящая между Европейско-Синийской и Канадско-Сибирской палеофлористическими областями, по палинологическим данным не картируется. Прослеживается лишь граница влияния этих областей на состав спорово-пыльцевых комплексов, формировавшихся в морских условиях. Проходит она в меридиональном направлении по линии Обская губа — несколько восточнее г. Ханты-Мансийска.

Реконструкции мезозойской флоры Западной Сибири посвящена работа Л. В. Ровниной (1972 г.), где дано палинологическое обоснование палеофлористическому районированию. На территории Приполярного Урала ею выделены спорово-пыльцевые комплексы позднего триаса и рэта. Их состав свидетельствует о том, что во флоре Приполярного Урала в позднетриасовое время, как и в Европейско-Синийской флористической области, получили широкое развитие влаго- и теплолюбивые диптериевые папоротники и цикадофиты. Л. В. Ровнина относит север Западной Сибири к Европейско-Синийской флористической области, что значительно сдвигает на восток ее северо-западную границу; выделяется Урало-Таймырская провинция. Состав флоры последней, по сравнению с одновозрастной флорой Восточной Европы, более беден. В ней отсутствуют папоротники и продуцирующие споры. На территории северо-запада Западно-Сибирской низменности в раннем лейасе, согласно палинологическим данным, сохраняется граница между палеофлористическими областями, намеченная для рэта.

С применением методики, предложенной С. Р. Самойлович и другими исследователями в 1971 г., была составлена схематическая палеофлористическая карта ааленского века для территории Закаспия. Ее авторы А. И. Киричкова, Н. Я. Меньшикова, Н. А. Тимошина (1980 г.) использовали данные, полученные при изучении как макро- так и микрофоссилий, что позволило им сделать более достоверные выводы.

Аналогичная работа проделана Н. А. Тимошиной для плиоцена Прикаспийской впадины. По ее мнению, реконструкция растительности плиоцена и плейстоцена, отрезков геологического времени наиболее приближенных к современности, представляет особый интерес, так как именно с этим временем связаны коренные биологические и климатические изменения, придавшие растительному покрову его современный облик. В результате послыного изучения содержания пылицы и спор по разрезу фаунистически датированных плиоценовых отложений Северного Прикаспия было установлено семь разновозрастных палинологических комплексов, обладающих определенными систематическим составом и количествен-

ным соотношением различных таксонов. Каждый комплекс (кроме первого) характеризует исследуемые отложения в объеме подъяруса или его части и отражает определенный этап в развитии флоры, растительности и климата. Обобщение палинологических данных позволило определить: 1) общий систематический состав плиоценовой флоры, 2) произвести ее экологический, ареалогический, биоценотический анализ, 3) выделить возможные типы растительных сообществ и проследить их распределение во времени и пространстве.

Систематический состав изученных флор показывает, что почти все роды и большая часть плиоценовых видов Прикаспия являются современными. Остальные также близки современным и представляют собой их ближайшие аналоги. По экологическим особенностям, жизненным формам и географическому распространению плиоценовые растения Прикаспия можно подразделить на несколько различных групп. При этом выявляется, что наиболее обширной группой являются ксерофиты, а наиболее распространенной жизненной формой — мелкие кустарнички, полукустарнички и травы.

Анализируя сказанное, можно сделать вывод, что в плиоцене существовало два различных типа растительности, разделенных в пространстве: травянисто-кустарничковый ксерофитный (пустынный) и лесной. Пустынная растительность в плиоцене занимала все равнинные участки суши, являясь здесь основным зональным типом. Лесная растительность была приурочена, вероятнее всего, к возвышенностям (Общий Сырт, Зауральские Сырты, Приволжская возвышенность) и располагалась на некотором расстоянии от района исследования, либо частично развивалась и здесь, образуя незначительные группировки. Состав древесной флоры и сопутствующих ее растений указывает на наличие двух различных лесных формаций: хвойных и отдельных небольших участков широколиственных лесов.

Плиоценовая флора Прикаспия, сохраняя основные характерные особенности, в процессе исторического развития испытывала некоторые изменения, обусловленные как общеклиматическими причинами, так и колебаниями уровня Каспийского бассейна. На основании изучения растительных палеоблюментов Прикаспия установлено, что на протяжении всей истории развития флоры в плиоцене происходит постоянное уменьшение разнообразия ее родового и видового состава. Постепенное обеднение лесных древесных сообществ и исчезновение термофильных элементов уже отмечались многими исследователями в плиоцене Русской равнины.

Климат в течение плиоцена характеризовался нарастанием аридности и усилением континентальности.

Сформировавшаяся вследствие этого специфическая пустынная плиоценовая флора Северного Прикаспия отличается от большинства известных разновозрастных (преимущественно лесных) флор СССР и Западной Европы, что свидетельствует о зо-

нальном распределении растительного покрова в плиоцене. Зональность в позднем плиоцене была близка современной.

Таким образом, как следует из всего вышеизложенного, методики, применяемые для реконструкции палеофлоры, растительности и климатов на основе палинологических данных, имеют как позитивные, так и негативные стороны. Они различны в зависимости от возраста изучаемых флор, и чем последние древнее, тем более гипотетичны выводы. Однако несомненно, что в любом случае можно говорить о характере флоры, типах растительности и палеоклиматах, связывая это с данными литологии, минеральным составом пород, учетом пород-индикаторов климата, палеотемпературными замерами вод морей изотопным методом и учетом всех имеющихся палеоботанических и палеонтологических материалов. Такие реконструкции могут быть положены в основу палеофлористического районирования (области, провинции, района), выделения этапов и фаз в развитии палеофлор.

Палеофлористическим и палеогеографическим построениям должен предшествовать детальный анализ флористического состава изучаемой флоры. Необходимо выделение таксонов любого ранга, имеющих сходство с современными растениями, объединение их в отдельные группы, согласно предполагаемой приуроченности к условиям существования. Таксоны, отнесенные к формальным родам, не могут быть использованы в воссоздании ландшафтов.

При помощи коэффициентов термофильности и гидрофильности можно восстановить экологические условия, в которых произрастали древние растения, и реконструировать палеоклиматы. В разумных пределах этот методический прием может быть использован. Но если речь идет о флоре и о растительности древнее плиоценовой, то следует воздержаться от излишней детализации при описании типов растительности и палеоландшафтов, особенно если во флорах преобладают таксоны, не имеющие аналогов с современными растениями.

Установить характер изменений климатических условий в юрском и меловом периодах с помощью палинологического метода пытался И. Райр [45]. Методика, которую он применил для решения этого вопроса, основана на том, что используются находки пыльцы и спор, широко распространенных на Земном шаре и в настоящее время. Это различные *Ephedraceae*, *Palmae* и *Proteaceae*. Каждый из этих ископаемых таксонов высокого ранга получает свою климато-географическую характеристику на основании сходства с современными ботаническими таксонами не только в пределах семейств, но иногда и родов. Описание построено по преобладанию этих форм в юрских и меловых «палеоценозах». Первое место занимают различные папоротники и И. Райр дает им характеристику в табл. 5, где используется современная экологическая информация (это для 10—20 % ископаемых таксонов, идентифицируемых с современными). По его мнению, родовое и видовое разнообразие зависят в первую очередь от степени влаж-

Современная климато-география палинологически идентифицируемых с юрскими или меловыми формами Pteridophyta.
По И. Райру (1980 г.)

Таксоны		Предельное климатическое распространение таксонов
Палинологические	Ботанические	
<i>Todisporites</i>	Osmundaceae	40 тропических и умеренных видов
<i>Osmundacidites</i> , <i>Dictyophyllidites</i> , <i>Matonisporites</i>	Matoniaceae	Тропические—субтропические
<i>Marattisporites</i>	Marattiaceae	200 тропических и субтропических видов, 60 тропических видов
<i>Gleicheniidites</i>	Gleicheniaceae	130 тропических и субтропических видов (преимущественно южных), несколько умеренных в Южном полушарии
<i>Cyathidites</i>	Dicksoniaceae	Тропические (особенно южные), несколько видов, распространенных на Канарских островах и в Португалии
<i>Cyathidites</i>	Cyatheaceae	700 видов, часто древовидные тропические, влажные
<i>Contignisporites</i> , <i>Duplexisporites</i> , <i>Klukisporites</i>	Schizaeaceae (?)	Пантропические
<i>Cicatricosisporites</i>	<i>Anemia</i> (Schizaeaceae)	Американские тропики, тропики—субтропики, иногда на солнечных склонах
<i>Leptolepidites</i> , <i>Concavissimisporites</i>	<i>Lygodium</i> (Schizaeaceae)	
<i>Lycopodiumsporites</i>	Lycopodiaceae	750 видов, распространенных почти повсюду
<i>Deltoidospora</i>	<i>Weichselia reticulata</i>	Родственное Matoniaceae (ископаемое, почвы влажные с сильной инсоляцией)

Таксоны		Предельное климатическое распространение таксонов
Палинологические	Ботанические	
<i>Balmeisporites</i> , <i>Arcellites</i> , <i>Pyrolobospora</i>	Marattiaceae	Водные тропические папоротники
<i>Lycostrobus</i> , <i>Thomsonia</i>	Salviniaceae	То же
<i>Minerisporites</i>	Selaginellaceae	Распространены повсеместно

ности, а не от температуры. Коэффициент влажности окружающей среды выражается в отношении количества видов к количеству родов. Чем выше числитель, тем теплее климат. Для вычисления коэффициента по палинологическим данным берется соотношение морфологических видов со слабо выраженными отличительными признаками к количеству хорошо определяющихся типов. При этом получается, что при очень большом количестве типов, включающих родственные формы, климат будет очень теплый и очень влажный; довольно большое количество типов, каждый из которых включает родственные формы, свидетельствует о влажном, но не очень жарком климате; наличие редких морфологически обособленных типов, не имеющих родственных форм, связано скорее всего с сухим климатом. Этот вывод, несомненно, является приближенным, но его необходимо подкреплять наличием в анализах спор определенных семейств как показателя жаркого влажного климата: Marattiaceae, Gleicheniaceae, Cyathaceae, Schizaeaceae, Dicksoniaceae, Marattiaceae, для умеренного — Isoetaceae, Ophioglossaceae, Lycopodiaceae.

И. Райр подробно характеризует все вышеупомянутые семейства (иногда даже роды) голосеменных и покрытосеменных растений и тех экологических и климатических условий, в которых произрастают их современные аналоги. Отдельной группой он выделяет растения, чья пыльца не имеет эквивалентов в современном растительном мире, но они могут иметь значение при определении палеоклиматов не в сравнении с современной растительностью, а по присущим им общим палеогеографическим признакам. Их появление или исчезновение связано с глубокими фитоценозическими изменениями. Это, в первую очередь, древние хвойные, продуцирующие пыльцу *Classopollis* (*Pagiophyllum*, *Brachyphyllum*, *Frenelopsis*); появляется она в Индии, Португалии и Бразилии с кайпера и исчезает в конце сеномана. Можно допустить, что группа растений, продуцировавших эту пыльцу, появилась во

время начавшейся аридизации климата. Полученные седиментологические, палеонтологические и биогеографические данные позволяют И. Райру присоединиться к мнению В. А. Вахрамеева, что эти хвойные были теплолюбивыми растениями, произрастающими на склонах гор, и очень выносливыми к засушливым условиям обитания; они были распространены преимущественно в аридном климатическом поясе поздней юры — неокома, образуя иногда заросли без примесей других растений. Таким образом, можно допустить, что основная часть этой пыльцы может служить прекрасным индикатором областей с признаками аридности внутри жарких климатических поясов.

Споры с элатерами, по мнению И. Райра, не имеют аналогов среди современных растений. Они не изобильны, но достигают разнообразия в современном тропическом поясе (между поздним и ранним туроном). Значит, это таксоны жарких тропических поясов. В Сенегале они встречаются вместе с разнообразными *Classopollis*, что свидетельствует о наличии сухого тропического климата. На основании детального анализа двух групп пыльцы покрытосеменных: 1) *Aquilapollenites* и 2) «*Oculata*» (последняя представлена родами *Wodehousia* и *Azonia*) он приходит к выводу, что *Aquilapollenites* следует интерпретировать как свидетелей существования «субтропического», а пыльцы «*Oculata*» — умеренного климата с признаками умеренно теплого.

И. Райр считает, что пыльца *Normapollis*, начинающая свое царство в Северной Америке и Европе, не обнаруживает сходства ни с одним известным современным семейством, но может быть использована для климатоэкологических исследований. *Normapollis* достигает максимального разнообразия в большом количестве в «лондонских глинах», которые содержат в изобилии и ископаемые растения, произраставшие при средней температуре 22—23 °С (средняя температура современной Новой Каледонии немного выше). Но есть и другие данные, которые дают возможность предполагать, что растения, продуцирующие пыльцу *Normapollis* появились и достигли расцвета в условиях более умеренного климата. Это подтверждается данными о нахождении в Европе и на атлантическом побережье США, начиная с сеномана, макрофосилей магнолиевых, платановых и миртовых. Между 40 и 50° с. ш. в отложениях этого времени обнаружен целый ряд растений, свидетельствующих скорее о жарком умеренном и довольно дождливом климате. В сеномане и туроне здесь уменьшается количество *Cusacaceae* и исчезают хейролепидиевые, но получают распространение сосновые. Это, по-видимому, были такие климатические условия, когда (впервые?) сказалась сезонная смена температур. Однако связывать появление *Normapollis* с умеренно теплым климатом следует весьма осторожно, так как еще встречаются субтропические папоротники, а макроостатки умеренных покрытосеменных редки.

На рис. 7 и 8 с помощью эллипса определено место каждой палинологической группы в зависимости от типа климата, к ко-

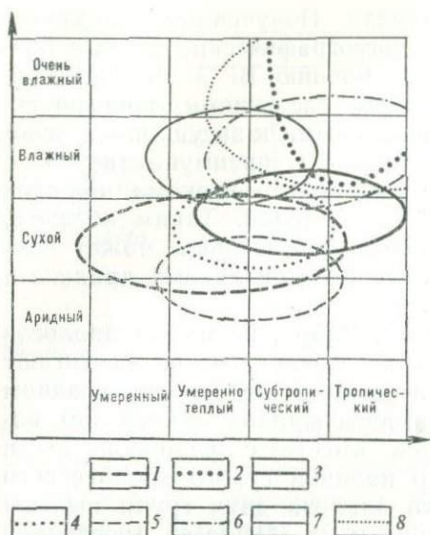


Рис. 7. Климатическое распределение некоторых семейств, уже существовавших в юрском и меловом периодах. По И. Райру (1980 г.)

1 — Ephedraceae, 2 — Proteaceae, 3 — Cycadaceae, 4 — Schizaeaceae + Cyatheaceae + Dicksoniaceae + Matoniaceae, 5 — Cupressaceae, 6 — Araucariaceae, 7 — Nothofagus, 8 — Podocarpaceae

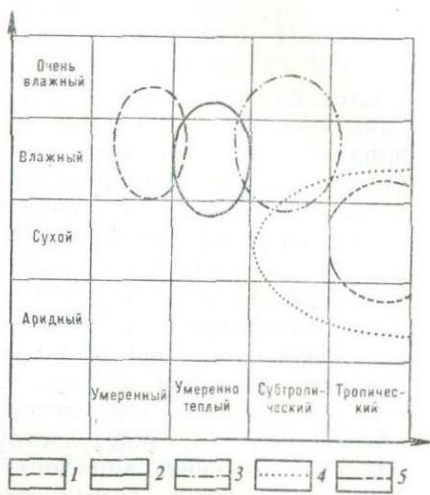


Рис. 8. Палеоклиматическое значение некоторых юрских или меловых таксонов, не имеющих современных морфологических эквивалентов (исчезнувшие формы). По И. Райру (1980 г.)

1 — пыльца типа «oculata»; 2 — *Aquila-pollenites*, 3 — *Normapollens*, 4 — *Classopollis*, 5 — споры cf. *elateres*

торому она приурочена, от тропического до умеренного и от очень влажного до аридного. Чем больше эллипс, тем менее показательна палинологическая группа. Участок на графике, наиболее перекрытый эллипсом, отвечает в статистическом отношении оптимальным климатическим условиям соответствующей палинологической группы.

При использовании этих двух рисунков необходимо учитывать:

1) тип регионального климата соответствует клетке, которую перекрывает наибольшее количество эллипсов;

2) потенциальные локальные изменения могут распространяться вплоть до тех климатических типов, которые перекрыты только одним эллипсом; это те «пределы», в которых палинолог может интерпретировать и обобщать.

И хотя палинологический метод грешит рядом неточностей: фито-таксонологической (отнесение пыльцы к определенному виду), экологической (известные ботанические «группы» занимают весьма обширную экологическую область), географической (трудно установить размеры и морфологию площади осадков, включающих микрофоссилии), все же местная климатическая обстановка (предельные значения температуры, влажность, сухость) может быть уверенно определена.

И. Райр считает, что возможны и более широкие обобщения, например, палинологические корреляции климатических условий в масштабе всей планеты. В результате наблюдений за палинологическими изменениями можно установить медленное (практически незаметное в юрском периоде) формирование широтной климатической зональности; те же наблюдения за отдельными «чувствительными» таксонами позволят, например, проследить во внутритропической зоне в позднем маастрихте появление таксонов, пришедших с севера (*Aquilapollenites*) и с юга — *Proteaceae*, а также смещение до средних широт арктических *Oculata* в раннем палеоцене.

Таким образом, совершенно очевидно, что при реконструкциях климата нельзя не принимать в расчет палинологический метод, что и доказывает И. Райр.

В заключение остановимся кратко на работе В. А. Вахрамеева [4], в которой он приводит реконструкцию палеофлористических областей и провинций Земли в раннемеловую эпоху, основываясь на данных палеоботаники и палинологии. В своих более ранних статьях, так же как и в работах других авторов, при реконструкциях климата границы зон наносились им на современную географическую основу, поэтому положение ряда границ не поддавалось объяснению.

Для раннего мела намечается четыре широтно простирающихся фитогеографические области (с севера на юг): Сибирско-Канадская (Северо-Лавразийская), Европейско-Синийская (Южно-Лавразийская), Экваториальная (Северо-Гондванская) и Австралийская. Названия в скобках даны Г. Бреннером, который выделил эти области для средней части меловой эпохи только по палинологическим данным. Они соответствуют поясам умеренно теплого и субтропического климата Северного полушария, тропическому поясу и, наконец, поясу субтропиков Южного полушария. Следов умеренно теплого климата в Южном полушарии по палеоботаническим данным пока не установлено.

Использование палинологического материала, в частности анализ распределения пыльцы *Classopollis*, позволило В. А. Вахрамееву сделать весьма интересные выводы. По обоим берегам Южной Атлантики (Габон, Юго-Восточная Бразилия, Камерун, Северная Аргентина) в отложениях нижнего мела содержание этой пыльцы очень велико (80—90%), в отложениях апт-альба Колумбии вблизи тихоокеанского побережья Южной Америки *Classopollis* составляет всего лишь 2—2,5%.

Так как высокое содержание пыльцы *Classopollis* указывает на жаркий и сухой климат, то можно предполагать, что распределение этой пыльцы подтверждает представление о существовании в юре и начале мела обширного материка, образованного еще не разошедшимися континентами Африки и Южной Америки. Во внутренней части материка климат был жаркий и аридный. Учитывая сухость климата, хейролепидиевые леса были, вероятно,

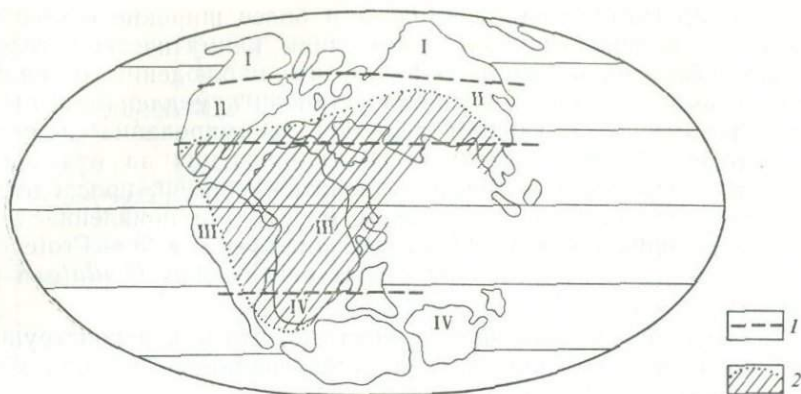


Рис. 9. Фитогеографические области и климатическая зональность в начале раннего мела (берриас—валанжин). По В. А. Вахрамееву (1984 г.)

I — Сибирско-Канадская (пояс умеренного климата), II — Европейско-Синийская (пояс субтропического климата Северного полушария), III — Экваториальная (пояс тропического климата), IV — Австралийная (пояс субтропического климата Южного полушария). 1 — границы палеофлористических областей; 2 — области распространения семиаридного или аридного климата

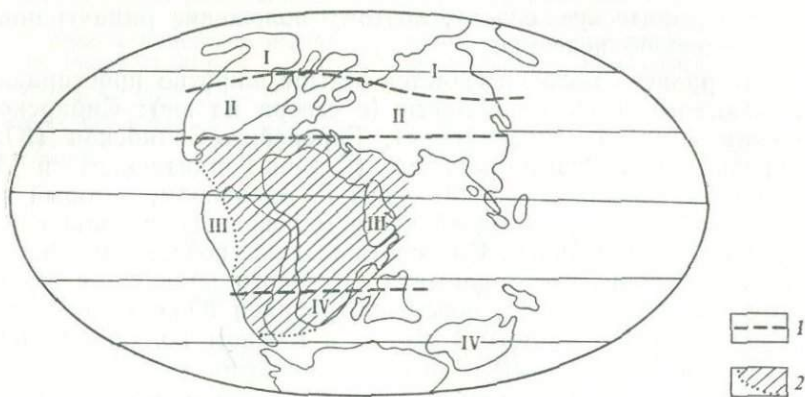


Рис. 10. Фитогеографические области и климатическая зональность в конце раннего мела (альб). По В. А. Вахрамееву (1984 г.)

Условные обозначения см. на рис. 9

разреженными, поскольку недостаток влаги препятствует возникновению сомкнутого древостоя.

Климат западной части Южной Америки, обращенной к Тихому океану, был влажным (возрастание количества спор разнообразных папоротников, пыльцы араукариевых и *Inaperturopollenites* и резкое сокращение процентного содержания *Classopellis*). Тем самым установлено, что в раннемеловое время (в отличие от палеогенового и современного периодов) не существовало почти непрерывного пояса влажных экваториальных лесов, пересекавшего Южную Америку и Африку. На большей части огром-

ного материка, объединявшего эти континенты, аридные пояса Северного и Южного полушарий смыкались между собой, не оставляя места для пояса влажного экваториального климата (рис. 9 и 10). Сравнение состава флор говорит об увлажнении климата при движении от центральной части континента к его северным и южным окраинам.

Таким образом, используя данные палеоботаники (как макротак и микрофоссилии), В. А. Вахрамеев дает характеристику раннемеловым флорам земного шара и восстанавливает климатическую зональность, существовавшую в этот период. Палинологический метод выступает в данном случае как совершенно равноправный, тем более что в ряде районов листовые флоры, особенно флоры неокома, вообще неизвестны.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ СНОСА И ДАЛЬНОСТИ РАЗНОСА ТЕРРИГЕННОГО МАТЕРИАЛА

На примере Западной Сибири рассмотрим устойчиво существующие источники сноса. Содержащиеся в осадках споры и пыльца растений отражают растительность, существовавшую на участках суши, являвшейся областью питания для данного участка седиментационного бассейна. В свою очередь, зная по спорово-пыльцевым комплексам состав растительности определенных отрезков времени на суше, обрамлявшей морской бассейн, можно определить направление сноса терригенного материала.

Остановимся на методических приемах, применяемых при определении направления источников сноса и разноса терригенного материала. В основу палеогеографических построений было положено представление о том, что споры и пыльца в седиментационные бассейны заносились ветром, а также попадали вместе с терригенным материалом, сносимым речными и дождевыми потоками, причем последним способом споры и пыльца заносилось не меньше, а возможно, и больше, чем воздушными течениями. При этом учитывалось существование на территории Западно-Сибирской равнины в позднюрское—раннемеловое время растительности двух флористических областей: Европейско-Синийской и Канадско-Сибирской.

Известно, что вопросам фитогеографического районирования как территории Евразии в целом, так и отдельных крупных регионов в юрское и меловое время посвящено значительное количество работ. Нет необходимости перечислять их, так как о них упоминалось выше. Здесь мы приведем только высказывание отдельных исследователей, рассматривавших вопросы фитогеографического районирования Западной Сибири. По мнению В. А. Вахрамеева и других исследователей, граница между палеофлористическими областями на территории Западно-Сибирской равнины проходила несколько севернее широтного отрезка р. Оби. В течение поздней юры произошли большие изменения в составе флор Европейско-Синийской области, вызванные возникновением

засушливого пояса, существование которого установлено путем прослеживания прекращения в его пределах угленакопления и появления карбонатных красноцветных и гипсоносных отложений. На территории Советского Союза этот пояс прослеживается на Кавказе, в Казахстане и Средней Азии. В Европейской и Среднеазиатской провинциях Европейско-Синийской области климат в позднеюрское время стал засушливым, изменился и состав флор.

Характерной чертой флор Европейской провинции на территории СССР является бедность папоротниками (*Coniopteris*, *Gleichenia*); существенная роль принадлежит хвойным (*Brachyphyllum*, *Pagiophyllum*).

Во флорах Среднеазиатской провинции, вероятно, преобладали эти же хвойные, на что указывает обилие их пыльцы в отложениях поздней юры Каратау и Гиссарского хребта, Западного Узбекистана, Туркмении и Южного Казахстана.

Границу между Европейско-Синийской и Канадско-Сибирской флористическими областями разные исследователи проводят неодинаково. Некоторые палинологи склонны проводить ее по полному исчезновению пыльцы *Classopellis* в верхнеюрских отложениях. В. А. Вахрамеев и другие исследователи палеозойской и мезозойской флоры Евразии считают более правильным проводить границу между этими областями в Западной Сибири не по полному исчезновению пыльцы *Classopollis*, а по снижению ее содержания до 5—10%. Сравнительное обилие папоротников, устанавливаемое по спорам, которые принадлежали глейхеневым, схизейным и диксониевым, позволило им выделить еще одну провинцию в составе Индо-Европейской области, т. е. южную часть Западной Сибири и Северный Казахстан, в самостоятельную Западно-Сибирскую провинцию.

Л. В. Ровнина границу между Индо-Европейской и Сибирской областями проводит на территории западной половины Западно-Сибирской равнины в пределах 60—62° с. ш. Она считает возможным выделение на исследуемой территории двух провинций: Северо-Обской, относимой к Канадско-Сибирской с небольшим количеством или отсутствием *Classopollis* и обилием пыльцы *Sciadopitys affluens* (Volch.) Rovn., и Иртышской — к Европейско-Синийской флористической области с доминированием в палинологических комплексах пыльцы *Classopollis*.

Многочисленные данные палинологов подтверждают сведения палеоботаников о произрастании большого количества хейролепидиевых, продуцировавших пыльцу *Classopollis* на территории южных окраин Западной Сибири. В этих районах в спорово-пыльцевых комплексах верхнеюрских отложений отмечается большое количество упомянутой пыльцы. В тех же осадках северного, северо-западного и северо-восточного районов Западно-Сибирской равнины пыльца хейролепидиевых отмечается в малых количествах, либо отсутствует вообще. Вместе с тем находки этой пыльцы в количествах 30—40% в районе Западно-Таркосалинской, Венгапуровской, Губкинской и некоторых других площадей, находя-

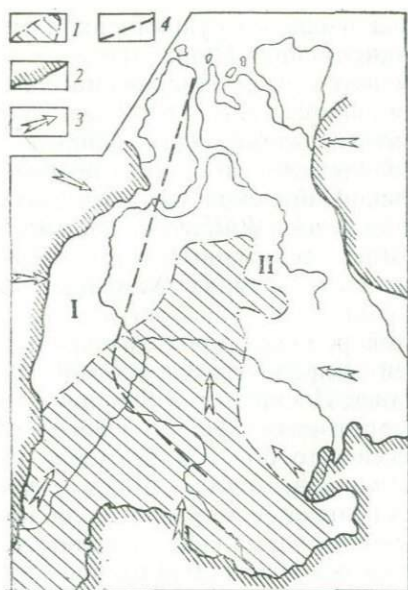


Рис. 11. Схематическая карта направления сноса терригенного материала в позднеюрское время на территории Западно-Сибирской равнины. По С. И. Пуртовой и В. Г. Стрепетиловой (1986 г.)

Палеофлористические области: I — Индо-Европейская, II — Сибирская. 1 — предположаемая площадь разноса терригенного материала с юга; 2 — палеозойское обрамление; 3 — направление сноса терригенного материала; 4 — граница влияния растительности Индо-Европейской и Сибирской флористических областей на состав спорово-пыльцевых комплексов

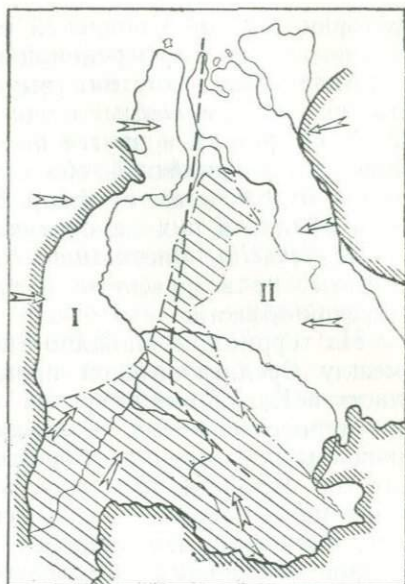


Рис. 12. Схематическая карта направления сноса терригенного материала в неокомское время на территории Западно-Сибирской равнины. По С. И. Пуртовой и В. Г. Стрепетиловой (1986 г.)

Условные обозначения см. рис. 11

щих далеко от береговой линии позднеюрского бассейна (почти в центре бассейна), позволяют предположить возможность заноса этой пыльцы морскими течениями вместе с терригенным материалом (рис. 11).

Отсутствие находок крупномерных остатков хейролепидиевых в отложениях прибрежных частей и обрамляющих окраин восточного и юго-восточного районов равнины, а также малое содержание пыльцы *Classopollis* в палинологических спектрах могут служить показателем наличия растительности, характеризующей Сибирскую область. Суша, обрамлявшая позднеюрский бассейн с запада, была покрыта растительностью, характеризующейся наличием горной сосны, папоротников семейств *Osmundaceae*, *Gleicheniaceae*, *Dicksoniaceae*. И только на южном обрамлении произрастала растительность с большим содержанием хейролепидиевых. На основании сказанного можно сделать вывод, что на тер-

ритории Западно-Сибирской равнины очевидно существовала меридиональная дифференциация позднеюрских флор.

Аналогичная картина вырисовывается при анализе материала по раннемеловым отложениям (рис. 12). Как считают В. А. Вахрамеев и другие исследователи, особенностью флор всей Европейско-Синийской области в раннемеловую эпоху, позволяющей отделить их от флор Канадско-Сибирской области, является обилие в них папоротников *Gleichenia*, *Ruffordia*, *Onychiopsis*, *Weichselia*, *Matonidium*, *Nathorstia*; характерные также цикадофиты, не встреченные в раннемеловых флорах Канадско-Сибирской области.

На территории Западно-Сибирской равнины проходит граница между Среднеазиатской провинцией Европейско-Синийской области и Канадско-Сибирской областью. Поскольку в берриас-раннеготеривское время обширная территория Западно-Сибирской равнины представляла морской бассейн, то более правомерно говорить о границе не между флористическими областями, а о границе между территориями, испытывающими влияние этих областей, имеющих разную флору, что нашло отражение в характере спорово-пыльцевых комплексов. Возможно, эти территории следует называть палинофлористическими фитохориями (подпровинциями, провинциями, областями). Тогда, говоря о палеофлористических провинциях и областях, надо иметь в виду участки суши с растительностью, относящейся к той или иной области.

Неоднородность спорово-пыльцевых комплексов в отложениях неокома Западно-Сибирской равнины отмечалась Л. Г. Марковой, С. И. Пуртовой, Л. В. Ровниной, А. Ф. Хлоновой и др.

На основании анализа всего палинологического материала можно предположить наличие флоры европейского типа на континентальном обрамлении Западно-Сибирского бассейна с запада и юга. Флора эта изобиловала папоротниками *Gleicheniaceae* (западное обрамление) и хейролепидиевыми (южное обрамление). Участки суши, покрытые растительностью, относящейся к Канадско-Сибирской флористической области, составляли обрамление равнины с северо-востока и востока. Характерной чертой флоры Канадско-Сибирской области является обилие папоротников *Coniopteris*, *Ginkgoaceae*, очень малое участие или отсутствие *Gleicheniaceae* и хейролепидиевых. При рассмотрении вопроса об определении направления источников сноса терригенного материала принимались за основу вышензложенные представления о характере распространения растительности.

При определении границы влияния различных источников сноса терригенного материала палинологами ЗабСибНИГНИ применялась следующая методика. В спорово-пыльцевых комплексах выбирались таксоны, имеющие первостепенное значение при определении принадлежности к Европейско-Синийской или Канадско-Сибирской палеофлористическим областям и их провинциям. Для спорово-пыльцевых комплексов из верхнеюрских отложений это — *Sciadopitys*, *Classopollis*, *Gleicheniaceae*, *Schizaeaceae*, *Coniopte-*

ris, *Leiotriletes*, для неокомских — *Gleicheniaceae*, *Schizaeaceae*, *Coniopteris*, *Leiotriletes*, *Classopollis*, *Ginkgoaceae*.

На схематические карты, где контурами отмечена территория Западно-Сибирской равнины и точки исследования, наносилось среднее содержание рассматриваемых таксонов (в процентах от общего количества зерен). По полученным значениям методом экстраполяции проводились изолинии, отражающие картину распространения отдельных таксонов спор и пыльцы. Для отложений верхней юры отмечены следующие закономерности: 1) распространение пыльцы *Sciadopitys* приурочено к северо-западному району Западно-Сибирской равнины. Максимальное содержание ее на некоторых площадях достигает 20—30 % (рис. 13); 2) пыльца *Classopollis* обнаружена в комплексах всех пунктов исследования, однако процентное содержание ее крайне неравномерно (рис. 14, А); максимальное ее содержание (40—50 %) отмечается в южном и юго-западном районах равнины, что указывает на поступление ее из южных районов с сухим жарким климатом, где в обилии произрастали хейролепидиевые; к северу количество ее уменьшается, а на северо-востоке составляет всего 3—4 %. Зафиксированы находки пыльцы *Classopollis* в количествах 30—40 % в районе Западно-Таркосалинской, Вэнгапуровской, Губкин-

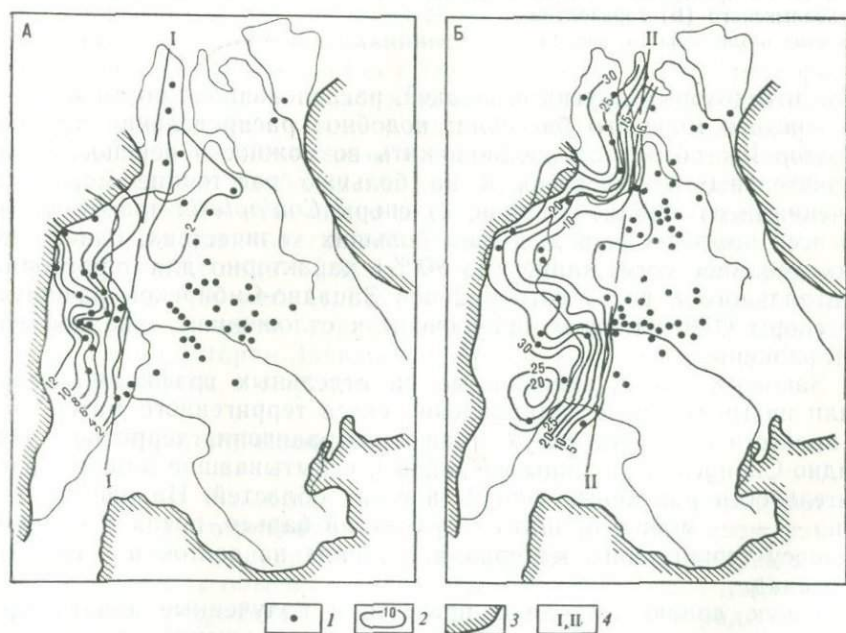


Рис. 13. Распространение пыльцы *Sciadopitys* в отложениях васюганского (А) и спор *Gleichenia* в отложениях устьбалькского (Б) горизонтов. По С. И. Пуртовой (1986 г.)

1 — исследуемые районы; 2 — изолинии равных содержаний таксонов; 3 — палеозойское обр-щение; 4 — граница, разделяющая территории с различным содержанием таксонов

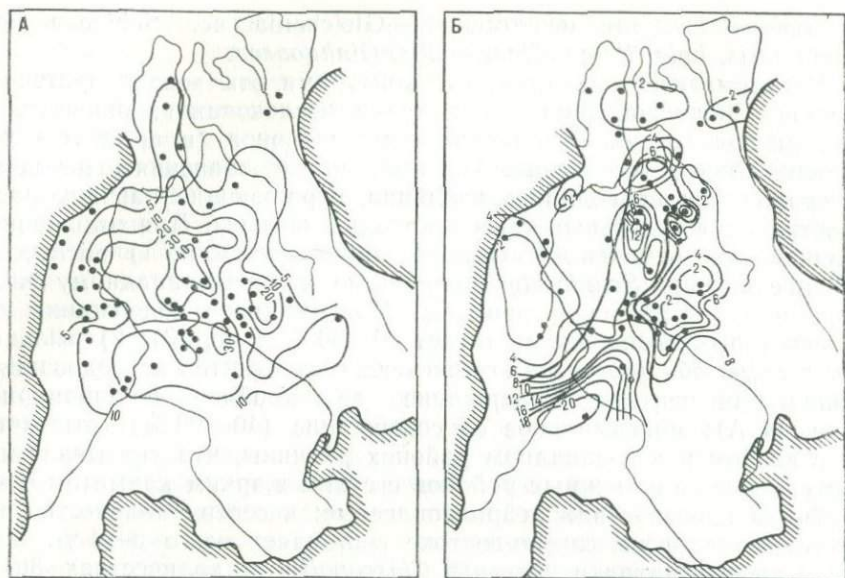


Рис. 14. Распространение пыльцы *Classopollis* в отложениях васюганского (А) и устьбалыкского (Б) горизонтов
Условные обозначения см. рис. 13

ской и некоторых других площадей, расположенных почти в центре юрского морского бассейна; подобное распределение пыльцы *Classopollis* позволяет предположить возможность переноса ее в значительных количествах и на большое расстояние морскими течениями из южных районов; 3) споры *Coniopteris* присутствуют во всех комплексах в довольно больших количествах, однако их максимальное содержание (до 80 %) характерно для территории центрального и восточного районов Западно-Сибирской равнины; 4) споры *Gleicheniaceae* приурочены к отложениям западной части равнины.

Закономерности, выявленные на отдельных графиках, позволили построить схему направления сноса терригенного материала и провести предполагаемую линию разграничения территории Западно-Сибирской равнины на районы, испытывавшие влияние растительности различных флористических областей. На рис. 11 линию — — — можно принять за условный барьер, препятствующий разносу терригенного материала с запада на восток и с востока на запад.

Такую линию позволяют провести и полученные данные при проведении анализа берниас-готеривских отложений (на рис. 12 линия — — —). В этих отложениях выбранные таксоны распределились следующим образом: 1) споры *Gleicheniaceae*, характерные для растительности Европейско-Синийской палеофлористической области, содержатся в больших количествах в осадках неокома в

северо-западном и западном районах Западно-Сибирской равнины (п-ов Ямал, Саранпаульский, Березово-Шанмский, Тюменско-Покровский районы); количество их достигает 30 %, далее на восток от линии — — — участие их резко уменьшается (не более 5 %). Имеющиеся материалы позволяют предположить здесь наличие барьера, задерживающего разнос терригенного материала, поступавшего с запада; 2) количество спор Schizaeaceae (с ребристой экзиной — *Cicatricosisporites*, *Anemia*, *Pelletieria*, *Ruffordia*) максимально на площадях п-ова Ямал, на территории, прилегающей к нему узкой полоской с востока, а также в районе Малого Атлыма (10—15 %); в остальных пунктах их меньше; 3) споры, относимые к родам *Lygodium*, *Trilobosporites*, *Pilososporites*, в больших количествах (до 10—20 %) отмечены в пунктах, расположенных восточнее линии — — —. Наибольшее количество спор *Pilososporites* обнаружено в отложениях неокома п-ова Ямал; 4) споры группы *Leiotriletes* и *Coniopteris*, большое содержание которых может указывать на растительность Канадско-Сибирской палеофлористической области, характерны для спорово-пыльцевых комплексов всех рассматриваемых площадей; однако максимум (25—30 %) приурочен к территории, расположенной восточнее линии — — —; западнее, за редким исключением, они не превышают 10—13 %; 5) максимальное содержание пыльцы *Ginkgoaceae* (15—20 %) отмечено в осадках восточной и юго-восточной частей Западно-Сибирской равнины.

Пыльца *Classopollis* иногда в очень больших количествах фиксируется в отложениях неокома южной части Западно-Сибирской равнины. В западной, северо-западной, восточной и северо-восточной частях количество ее невелико. Однако, как и в верхнеюрских отложениях, наиболее частая встречаемость (до 10—15 %, иногда больше) ее отмечается в осадках берриаса — нижнего готерива на площадях Сургутского свода в районах Надыма, Уренгоя. Очевидно, пыльца *Classopollis* сюда занесена с юга морскими течениями (см. рис. 14, Б). Приведенные выше данные позволяют условно провести границу между палеофлористическими областями на территории Западно-Сибирской равнины, как и в позднеюрском времени, в меридиональном направлении.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРЕРЫВОВ В ОСАДКОНАКОПЛЕНИИ

Перерывы в осадконакоплении могут обнаруживаться появлением коры выветривания или сопровождаться размывом ранее образовавшихся осадков или даже мощных толщ осадочных пород, что приводит обычно к значительному увеличению наблюдаемого в разрезе пробела геологической летописи, а в ряде случаев — к появлению отчетливых несогласий внутри осадочной толщи. Последовательное изучение спорово-пыльцевых комплексов по разрезам и в целом по региону дает возможность установить их закономерные изменения по вертикали и горизонтали. Выпадение палинологических комплексов, соответствующих осадкам

крупных стратонах (отдел, часть отдела), четко фиксируется исследователями и может указывать на существование здесь перерывов в осадкообразовании. Сложнее обстоит дело, когда перерыв охватывает менее значительный отрезок времени (век, часть века). Однако выявление палинологических комплексов, соответствующих таким стратонам, как ярус, при проведении детального расчленения и корреляции отложений сравнительно близко расположенных разрезов одного региона способствует установлению перерывов в осадконакоплении. Для примера приведем случай определения перерыва в осадконакоплении по данным спорово-пыльцевого анализа на границе баррем-аптских отложений района Широкого Приобья.

Спорово-пыльцевые комплексы баррема и апта довольно характерны, однако пограничные комплексы имеют «переходный» облик.

Комплексы спор и пыльцы из барремских отложений характеризуются наличием большого количества и разнообразия спор семейства *Schizaeaceae*, представленными видами родов: *Pelletieria*, *Lygodium*, *Klukisporites*, *Cicatricosisporites*. Отмечается также большое количество спор *Coniopteris*, спорадически фиксируется большое количество *Aequitriradites*. Среди пыльцы основная роль принадлежит *Pinaceae* и *Ginkgoaceae*.

Комплексы спор и пыльцы апта характеризуются широким развитием глейхениевых, сокращением участия спор папоротников *Schizaeaceae*, резким уменьшением их разнообразия. Снижается и роль *Coniopteris*, существенную роль начинает играть пыльца таксодиевых и купрессовых. Спорово-пыльцевые комплексы, указывающие на аптский возраст вмещающих отложений, отмечены в нескольких скважинах из отложений алымской свиты. В ряде скважин в отложениях самой верхней части верхней подсвиты вартовской свиты установлены спорово-пыльцевые комплексы как бы переходного типа, где по сравнению с комплексом из барремских отложений довольно высок процент спор *Gleicheniaceae*, и вместе с тем еще велика роль спор *Schizaeaceae*.

Такой постепенный переход представляется естественным. Однако в некоторых скважинах (14-р, 18-р, 21-р Мегионских, 120-р Ватинской и др.) отмечается очень резкая смена комплексов.

На основании послынного отбора и исследования образцов установлено отсутствие «переходных» комплексов, обнаруженных в непрерывных разрезах. Очевидно, в районе Широкого Приобья в позднебарремское — раннеаптское время имел место размыв осадков. В то же время размыв этот был, вероятно, не повсеместным и амплитуда его была различной на разных площадях рассматриваемого района (большей она была в районе Нижневартовского свода). Л. В. Ровниной в 1978 г. по палинологическим данным установлены перерывы в континентальной толще нижне-среднеюрских отложений тюменской свиты Западной Сибири. Метод установления перерывов в осадкообразовании по палино-

логическим данным в комплексе с промыслово-геофизическими показателями был использован томскими геологами и палинологами с целью поисков зон выклинивания продуктивных пластов в юго-восточной части Западно-Сибирской плиты.

В отложениях самой верхней части тюменской свиты палинологами Западной Сибири выделен палинологический комплекс раннего келловея, хорошо выдерживающейся по простираанию. Он характеризуется преобладанием либо спор, либо пыльцы, однако по флористическому составу спектры сходны. Среди пыльцы в комплексах доминирует пыльца хвойных с воздушными мешками и гинкговых. Пыльца цикадофитов встречается в небольших количествах, спорадически отмечается *Sciadopitys*. Пыльца *Classopollis* составляет 3—10 %. Среди спор главную роль играют *Coniopteris* и *Leiotriletes*, заметное место занимают споры *Osmunda* разнообразных видов. Споры других папоротников фиксируются в незначительных количествах. Перекрывающие отложения васюганской свиты характеризуются своим комплексом, возраст которого определяется как келловей—оксфорд. Хотя этот комплекс имеет много общих компонентов с таковым из нижнекелловейских отложений, он довольно отчетливо отличается от него значительным содержанием пыльцы *Classopollis*.

Увязка данных, полученных при каротаже, по скважинам с литологическими описаниями и палинологическими данными позволила проследить геологическое строение васюганской и верхней части тюменской свит, а также более точно наметить границу между байос-батом и нижним келловеем, нижним келловеем и келловей-оксфордом.

Отложения нижнего келловея Западной Сибири обнаружены во многих разрезах, что свидетельствует о значительной площади седиментации того времени.

Отложения васюганской свиты присутствуют в основном в западной части рассматриваемого района и имеют мощность 40—90 м. В центральной и восточной частях территории вследствие внутриформационного перерыва, установленного как по сокращению мощностей, так и по выпадению характерного келловей-оксфордского спорово-пыльцевого комплекса, свита сокращается, осадки ее заполняют, возможно, лишь наиболее погруженные участки. Для этой части района характерно выпадение толщи келловей-оксфорда на значительной территории. Здесь непосредственно на отложениях нижнего келловея залегают либо отложения кимериджа и волжского ярусов, либо очень маломощные отложения келловей-оксфорда.

Приведенные примеры показывают, что палинологические данные могут с успехом применяться при установлении перерывов в осадконакоплении, что придает им ценность как при выяснении геологического строения тех или иных районов, так и при поисках зон выклинивания перспективных отложений, к которым могут быть приурочены ловушки углеводородов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДРЕВНЕЙ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ

Установление положения береговой линии является одной из первостепенных задач при реконструкции древних бассейнов седиментации.

На современном этапе палинологических исследований выявлен целый комплекс признаков, позволяющий производить реконструкцию древних береговых линий для различных стратиграфических уровней.

Для субрецентных осадков одним из показателей близости береговой линии древнего водоема является концентрация спор и пыльцы в изучаемых отложениях. Методика определения древней береговой линии по количественному составу комплекса микрофоссилий на 1 г осадка и соотношению крупных и мелких спор и пыльцы освещена в работах В. А. Вронского, Р. В. Федоровой [5], М. А. Петросьянц [29]. Она заключается в том, что выявление древних береговых линий возможно, если количество спор и пыльцы на 1 г породы равно 7500 зернам и если соотношение крупных спор и пыльцы к мелким равно 1:4.

Существуют различные способы подсчета концентрации пыльцы на 1 г навески: по количеству просмотренных препаратов, по объему суспензии с применением счетных камер и др. Наиболее апробирована методика определения концентрации пыльцы при изучении озер Литвы (М. В. Кабайлене) и донных осадков южных морей (В. А. Вронский). Она описана В. А. Вронским и Р. В. Федоровой и заключается в следующем: перед лабораторной обработкой каждая проба обязательно взвешивается; после подготовки пробы к анализу полученная суспензия переносится в стеклянную градуированную пипетку (или заливается определенным количеством капель глицерина через стандартную пипетку) для определения ее объема; затем подсчитывается количество зерен спор и пыльцы в одной капле суспензии при значительном содержании их в осадке или 2—3 каплях — при малом; вычисление концентрации производится по формуле:

$$K = \frac{36a}{bm} \cdot n,$$

где K — концентрация зерен спор и пыльцы на 1 г навески, a — объем суспензии (в мл), b — число капель, в котором подсчитывается пыльца, m — навеска пробы (в г), n — число подсчитанных зерен, 36 — экспериментальная постоянная величина (число капель в мл).

Вычисление концентрации спор и пыльцы этим способом, как утверждают названные исследователи, занимает мало времени, так как при одинаковых навесках осадков и объеме заливаемого глицерина через стандартную пипетку многие показатели в формуле заведомо известны.

Помимо этого представление об относительной близости или значительной удаленности береговой линии дает комплексное изу-

чение всех микрофоссилий, заключенных в мацерате, и непосредственно самого мацерата. При этом показательным является не только соотношение микрофитопланктона, спор и пыльцы наземных растений, их состав, но и характер самого мацерационного остатка. Например, характер фюзеновых фрагментов в сочетании с другими растительными остатками (кутикулами, трахеями, зернами смолы) дает дополнительную информацию об оценке расстояния от древней береговой линии.

Так, наличие разновеликих по размерам и угловатых по форме фюзеновых частиц, хорошая насыщенность спорами и пылью разнообразного систематического состава, обрывки кутикул, трахей и других растительных тканей были отмечены в отложениях прибрежных фаций эпиконтинентального раннемелового морского бассейна на территории Северного Прикаспия и Устюрта. В отложениях относительно глубоководных фаций того же бассейна в Северном Прикаспии мацерационный остаток представлен, как правило, мелкими, примерно одного размера округлыми фюзеновыми частицами с очень редкими, небольшими фрагментами кутикулы.

Для реконструкции динамики развития бассейна седиментации, сводящейся прежде всего к восстановлению цикличности седиментации, В. А. Федоровой в 1977 г. была предложена методика, в основе которой лежит сравнительный анализ количественного содержания микрофитопланктона по региональным разрезам. По этой же методике оказывается возможным определение максимума развития трансгрессии для сравнительно короткого отрезка геологического времени, каким, например, является век. Так, представление о развитии трансгрессии в восточной половине Северного Прикаспия на протяжении аптского века дает сравнительный анализ диаграмм процентного содержания микрофитопланктона по разрезам аптских отложений из различных фациальных зон — мелководной [площади Санкубай (скв. К-4), Терсаккан (скв. К-21)], относительно глубоководной [площади Крынкудук (скв. К-2), Уральская (скв. К-10)] и относительно наиболее глубоководной [площадь Яманка (скв. К-4)]. Максимальное содержание микрофитопланктона в спектрах микрофитофоссилий приходится преимущественно на нижнюю часть нижнеаптских отложений, что и является свидетельством не только максимальной стадии развития трансгрессии в изучаемой части бассейна седиментации, но и установления относительно наиболее глубоководных условий. Причем количественное выражение «пиков» содержания в спектрах микрофитопланктона определяется фациальной принадлежностью вмещающих осадков и колеблется в пределах от 6,5 % в мелководной зоне (площадь Санкубай, скв. К-4) до 90 % в относительно наиболее глубоководной (площадь Яманка, скв. К-4). В более высоких частях разреза апта содержание микрофитопланктона заметно сокращается. Таким образом, распределение по разрезам альгофлоры, по данным В. А. Федоровой (1980 г.), в целом свидетельствует об относительно более глубо-

ководных условиях осадконакопления в первую половину аптского века по сравнению со второй его половиной. Данный вывод подтверждается и изменением степени песчаности аптских отложений вверх по разрезам.

Признак наличия или отсутствия в мацератах микрофитопланктона, а также количественные соотношения его со спорами и пылью использовались для уточнения положения береговой линии на территории юго-востока Западно-Сибирской плиты [23].

В настоящее время позднеюрские отложения юго-востока Западно-Сибирской равнины детально исследованы. Палинологический комплекс кимеридж-волжского времени выделен из отложений, вскрытых 66 скважинами, и представлен двумя типами: в первом наблюдается высокое содержание микрофитопланктона (до 100%), во втором резко преобладает пыльца голосеменных, среди которых главная роль принадлежит *Classopollis*.

В кимеридж-волжское время большая часть юго-востока Западно-Сибирской плиты была занята морским бассейном, и только к востоку морские фации сменялись мелководно-морскими, перемежающимися с континентальными. Анализ палинологических комплексов, выделенных из отложений кимеридж-волжского времени, вскрытых на этой территории, позволил разделить их по содержанию микрофитопланктона и пыльцы *Classopollis*, на пять групп: 1) с преобладанием микрофитопланктона, 2) с абсолютным преобладанием пыльцы *Classopollis*, 3) с преобладанием микрофитопланктона над пылью *Classopollis*, 4) с преобладанием пыльцы *Classopollis* над микрофитопланктоном, 5) с примерно одинаковым соотношением микрофитопланктона и *Classopollis*.

При наложении комплексов на карту удалось проследить следующую закономерность: на западе и северо-западе изученной территории в большинстве случаев наблюдаются комплексы первой и третьей групп; в юго-западной, центральной и северо-восточной частях встречены комплексы всех типов, на юго-востоке и востоке — комплексы только второй группы. Это позволило критически пересмотреть границы морских, прибрежно-морских отложений и фаций, где перемежаются прибрежно-морские и континентальные осадки.

Обычно из глубоководных и прибрежно-морских отложений выделяются аллохтонные палинологические комплексы, характеризующие растительность как береговых, так и более удаленных районов, откуда мог происходить снос пыльцы и спор; комплексы автохтонного типа характерны для растительности близлежащей территории. В данном исследовании автохтонными являются комплексы второго типа с абсолютным преобладанием пыльцы *Classopollis*, указывающие на наличие осадков континентального генезиса или на чередование мелководных, прибрежно-морских и континентальных фаций. В прибрежно-морских отложениях встречаются главным образом третий, четвертый и пятый типы комплексов, являющихся аллохтонными. На схематической карте фа-

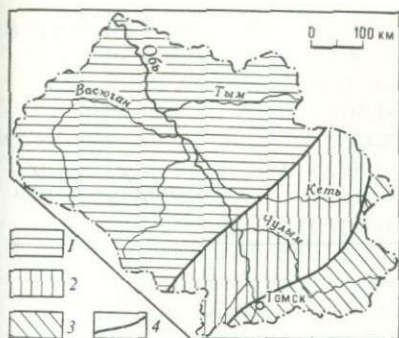


Рис. 15. Схематическая карта фаций кимеридж-волжского времени юго-востока Западно-Сибирской плиты (Томская область). По А. В. Гольберту и др. (1968 г.)

Фац и и: 1 — морские, 2 — мелководно-и прибрежно-морские, 3 — прибрежно-морские и континентальные; 4 — граница фаций

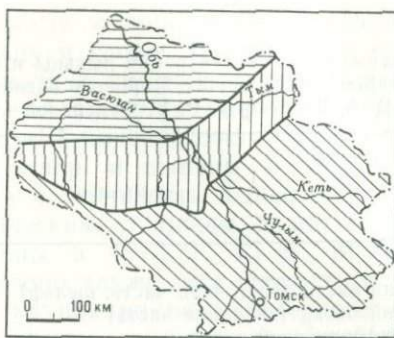


Рис. 16. Схематическая карта фаций кимеридж-волжского времени юго-востока Западно-Сибирской плиты (Томская область) по палинологическим данным. По Л. Г. Марковой, А. В. Скуратенко (1984 г.)

Условные обозначения см. рис. 15

ций кимеридж-волжского века (рис. 15) показаны границы глубоководно-морских и прибрежно-морских и континентальных отложений. На рис. 16 даны новые фациальные границы, которые скорректированы на основании распределения различных групп палинологических комплексов, отделяющих морские и прибрежно-морские, прибрежно-морские и континентальные отложения. По сравнению с картой фаций кимеридж-волжского века, представленной на рис. 16, видно, что новые границы заметно сдвинуты в западном направлении.

Известно, что разнообразие микрофитопланктона возрастает по мере удаления от береговой линии в глубь бассейна. Что касается имеющих комплексов, то в них основную массу микрофитопланктона составляли неопределенные формы, а родовое и видовое разнообразие очень незначительно. Это подтверждает тот факт, что в кимеридж-волжское время морской бассейн был мелководным и, как следует из палинологических исследований, меньших размеров, чем это указывалось на более ранних фациальных картах.

КРИТЕРИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАЦИАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ОТЛОЖЕНИЙ И РЕКОНСТРУКЦИИ ОБСТАНОВОК ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Знание экологии растений, продуцирующих споры и пыльцу, характера распределения фитопланктона и условий обитания отдельных родов и видов дает возможность исследователю использовать комплексы микрофоссилий как индикаторы определенных фациальных особенностей отложений.

**Максимальная концентрация пыльцы и спор
в современных осадках Мирового океана.
По В. А. Вронскому, Р. В. Федоровой (1981 г.)**

Бассейн	Максимальная концентрация пыльцы на 1 г осадка
Тихий океан (восточная часть, шельф)	10 000
Тихий океан (западная часть)	150
Калифорнийский залив	65 000
Охотское море	400
Атлантический океан (шельф Африки)	300
Атлантический океан (экваториальная зона)	40
Балтийское море	20 000
Залив Делавэр (побережье США)	20 000
Средиземное море	100
Азовское море	50
Черное море (юго-восточная часть)	14 000
Черное море (центральная котловина)	100 000
Черное море (центральная часть восточной глубоководной зоны)	160 000
Индийский океан (Персидский залив)	40
Северный Ледовитый океан (Белое море)	21 000
Аральское море	325
Северный Каспий	216
Южный Каспий (восточный шельф)	960
Южный Каспий (глубоководная котловина)	45 000

Под фациями понимаются обстановки осадконакопления (современные или древние), овеществленные в осадке или горных породах. При этом фацию можно охарактеризовать с точки зрения физико-географической обстановки (место на поверхности суши или на дне бассейна и т. д.), динамики и физико-химических условий среды седиментации, условий существования организмов.

Остановмся на микропалеоботанических критериях определения фациальных особенностей отложений и реконструкции обстановок осадконакопления.

Распределение спор и пыльцы наземных растений в бассейнах седиментации. Маринопалинологические исследования на различных акваториях земного шара позволили определить максимальные концентрации пыльцы и спор в современных осадках разных районов Мирового океана (табл. 6). Из таблицы видно, что в современных морских осадках концентрируется значительное количество спор и пыльцы, причем выявлена тесная связь между их концентрацией и литологическим типом осадков. Максимальное количество спор и пыльцы фиксируется в тонких глинистых илах, минимальное — в грубых песчаных отложениях. Пыльца и споры наземных растений распределяются в морских осадках как пелитовая фракция, и их максимальное участие приходится на те участки, где накапливаются

глинистые осадки. Грубообломочные и хорошо отсортированные породы почти не содержат пыльцу и споры. В глинистых илах с невысоким содержанием карбонатов и аморфного кремнезема, по данным Е. В. Кореновой [16], наблюдаются максимальная концентрация и наиболее разнообразный видовой состав спор и пыльцы. Неравномерное содержание спор и пыльцы в отложениях морского генезиса, неодинаковая устойчивость пыльцевых и споровых оболочек к гидродинамическим условиям и постседиментационным процессам рассмотрены в 1973 г. Г. В. Мусиным, Р. С. Сахибгареевым. Ими отмечено также, что скорость осадконакопления может быть одной из причин неравномерного количественного содержания спор и пыльцы в пределах одной фациальной зоны. Большинство исследователей считают, что основную роль в формировании донных спектров того или иного района играет фактор воздушного переноса. Последующее распределение происходит под влиянием гидродинамического режима бассейна, обуславливающего образование в некоторых районах смешанных спектров, содержащих наряду с современной пыльцой переложенные микрофоссилии более древнего геологического возраста.

При проведении сравнительного изучения почв прибрежных районов и прилегающих к ним акваторий было установлено, что донные спорово-пыльцевые спектры, как правило, отражают характер растительности прилегающей суши, но имеют наиболее усредненный систематический состав пыльцы и спор. Континентальные субфоссильные спектры более полно представляют систематический состав растительных ассоциаций побережья. К такому выводу пришли Е. З. Исагулова, Л. А. Герасимова [15] при сравнительном анализе спорово-пыльцевых спектров почв Керченского полуострова и поверхностного слоя донных осадков омывающих водоемов (Азовского и Черного морей и Керченского пролива). Спектры как из морских, так и континентальных отложений достаточно точно отражают степной характер растительности этого района.

Таким образом, установление закономерностей в характере распределения спор и пыльцы в осадках различного генезиса и изучение их систематического состава позволяют подойти к использованию спорово-пыльцевого анализа как метода индикационной флористики, как одного из критериев определения обстановок осадконакопления.

М. Х. Монозон, опираясь на надежные видовые определения пыльцы и спор, позволяющие давать палеоэкологическую интерпретацию спорово-пыльцевым спектрам, показала, что по составу пыльцы и спор возможно установление не только почвенно-грунтовых условий произрастания материнских растений, но и особенностей генезиса осадков. Так, для решения вопроса о наличии в четвертичное время морских трансгрессий были привлечены данные по экологии отдельных видов — индикаторов из семейства Chenopodiaceae (*Chenopodium album*, *C. rubrum*, *C. vulvaria*

и др.) — виды, свойственные обнаженным нарушенным глинистым и песчаным субстратам, литоральные голофиты, которые свидетельствуют о присутствии протяженных участков, интенсивно абрадируемых берегов залива и т. д.

Рассмотрим микропалеоботанические критерии основных фациальных особенностей морских и континентальных отложений.

Микрофитопланктон как показатель фациальной обстановки морских осадков. Пространственное распределение микрофитопланктона в разнофациальных отложениях морских бассейнов древних геологических эпох во многом аналогично тому, что наблюдается в современных морских бассейнах. Распределение ископаемого фитопланктона, так же как современного, зависит от целого ряда абиотических факторов (удаленность от берегов, глубина, соленость, гидродинамика бассейнов седиментации и т. д.), что позволяет использовать его как индикатор фациальной обстановки осадконакопления.

Начиная с рифея в распределении микрофитопланктона, представленного акритархами, отмечена зависимость от различных литолого-фациальных зон. Так, А. В. Ивановской, Ю. П. Казанским, Б. В. Тимофеевым в 1974 г. при изучении рифея в трех различных литолого-фациальных зонах на территории Восточной Сибири была установлена их неравномерная обогатенность планктонными микрофоссилиями. Для первой зоны, связанной с терригенными и глинисто-карбонатными осадками прибрежно-морских и опресненных участков морских бассейнов, характерна бедность комплекса микрофоссилий, представленных немногими родами и видами. Во второй зоне, соответствующей участкам смешанного терригенно-карбонатного осадконакопления в морском бассейне с нормальной соленостью, микрофитопланктон достигал пышного расцвета; здесь обнаружены многие роды и десятки видов. В третьей зоне, зоне морского карбонатного осадконакопления преимущественно доломитового типа, спектр микропланктона менее богатый и представлен формами угнетенного облика.

Большое значение при распространении акритарх в морях раннего палеозоя имели также степень минерализации (соленость и известковистость) и глубина бассейна (А. В. Ивановская, Б. В. Тимофеев, В. А. Рудавская). Как считает В. А. Рудавская, богатые комплексы акритарх приурочены обычно к пелитовым осадкам пелагических зон шельфа, впадин шельфа и окраинных морей. Области мелководья неблагоприятны для существования акритарх. Обычно обеднены комплексы карбонатных пород и очень бедны комплексы соленосных отложений. Что же касается распространения отдельных родов акритарх в различных типах пород, то этим же исследователем высказывается предположение, что более приспособленными к неблагоприятным условиям были формы, имеющие сферические оболочки различной толщины без явной орнаментации или орнаментированные простыми шипами. Избирательными к условиям существования оказались формы бо-

лее сложного строения, в частности эллипсоидные двухмакушечные (диакродиевые), яйцевидные (овоидные) и многие другие. Указанные закономерности подтверждаются данными изучения акритарх в отложениях от докембрия до ордовика — девона как в СССР, так и за его пределами.

Аналогичная зависимость от фаций наблюдается и в распространении основной в мезо-кайнозое группы микрофитопланктона — цист динофлагеллат и сопутствующих им других одноклеточных водорослей иной систематической принадлежности. Такая зависимость была убедительно доказана В. А. Федоровой в 1973 г. на примере распространения раннемелового микрофитопланктона в разнофациальных морских осадках Северного Прикаспия с помощью пространственных графиков, впервые примененных в практике палеонтологических исследований. Очевидно, что содержание в комплексах группы микрофитопланктона и ее основных составляющих цист динофлагеллат и акритарх возрастает по мере удаления от береговой линии в глубь бассейна, достигая максимальных величин (62,5—92,5 %) в отложениях относительно наиболее глубоководной части шельфа. Отмеченная закономерность прослеживается на всех изученных возрастных уровнях раннего мела. В распределении отдельных родов и многих видов обнаруживается явная зависимость от фациальной принадлежности вмещающих их пород.

Изменение систематического состава ориктоценозов микрофитопланктона по разрезу может указывать на изменения абнотической среды в процессе развития самого бассейна седиментации.

В раннем апте исследовался состав ориктоценозов фитопланктона из отложений: 1) мелкого шельфа с редкими фораминиферами и разнообразными остракодами (без *Cytherella*), 2) глубокого шельфа с «лагенамино-хаплофрагмонидесовым» ориктоценозом песчанистых фораминифер (80—100 %) с обедненным ориктоценозом остракод, 3) глубокого шельфа с «хедбергелло» или «хедбергелло-хоглюидино-гавелинелловым» ориктоценозом фораминифер с *Cytherella*, *Clithrocytheridea* и *Protocythere*.

В позднем апте в связи сокращением трансгрессии произошла смена фациальных обстановок на более мелководные. В тех же, что и для нижнего апта местонахождениях, соответственно изучались ископаемые сообщества планктонных водорослей из отложений: 1) мелкого шельфа с единичными песчанистыми солонатоводными фораминиферами, 2) с чередованием глубокого и мелкого шельфа с «розалино-хаплофрагмонидовым» ориктоценозом фораминифер и разнообразных остракод *Cytherella* и *Clithrocytheridea*, 3) глубокого шельфа с «вернеулино-хаплофрагмонидовым» ориктоценозом фораминифер и обедненным ориктоценозом остракод.

Наиболее разнообразными по составу и многочисленными по количеству особей явились ориктоценозы планктонных водорослей из нижнеаптских относительно наиболее глубоководных отло-

жений. В этих ориктоценозах микрофоссилий планктон составляет 80—88 %. Здесь же в ряде разрезов отмечалось появление планктонных фораминифер. Наиболее бедными по видовому составу и числу особей являются ориктоценозы одноклеточных планктонных водорослей из этих же отложений мелкого шельфа с редкими фораминиферами и из верхнеаптских отложений мелкого шельфа с единичными песчанистыми солоноватоводными фораминиферами. Микрофитопланктон в ориктоценозах составляет от 1,5 до 10 % и представлен единичными и редкими цистами динофлагеллат. В целом же в относительно более глубоководных отложениях по всему разрезу апта выявлено более 120 видов динофлагеллат, диноцист и акритарх, тогда как в мелководных осадках с бедным ориктоценозом фораминифер их в общей сложности насчитывается не более 20. Из представленного на гистограммах материала видно, что в связи с динамическим развитием бассейна на протяжении аптского века и сменой фациальных обстановок на более мелководные происходило изменение и в составе ориктоценозов фитопланктона.

Таким образом, характер распределения микрофитопланктона (количественное содержание и систематический состав) в разнофациальных разновозрастных осадках, проявляющего прямую зависимость от фациальных условий седиментации, в свою очередь может быть использован как один из надежных критериев при палеогеографических реконструкциях древних акваторий.

Споры и пыльца как показатели фациальной обстановки континентальных отложений. Еще в начале 30-х годов И. Э. Вальц обнаружена определенная зависимость между составом спор и типами углей, установленная по неодинаковому генезису различных их типов.

В результате наблюдений при палинологических исследованиях угленосных отложений различного геологического возраста Э. И. Вербицкой, А. А. Любер и И. З. Фаддеевой в 1966 г. была выявлена общая закономерность, отражающая связь спорово-пыльцевых спектров и различных по генезису типов углей и пород:

1) отложения, образовавшиеся в автохтонных условиях (уголь, породы ископаемых почв), обладают составом спор и пыльцы бедным в видовом отношении и с явным количественным преобладанием (до 50—90 %) в составе спектра одного или нескольких видов; в продуктах мацерации таких отложений преобладают более крупные фрагменты растительных тканей (кутикула, проводящие элементы древесины в виде фюзена, ксиловитрена и т. д.); сохранность продуктов мацерации обычно относительно хорошая;

2) отложения, образовавшиеся в аллохтонных условиях, обладают значительным разнообразием видового состава спор и пыльцы при незначительном количественном участии в спектре отдельных видов (1—15 %) и отсутствии доминирующих видов; в продуктах мацерации здесь наблюдается смешанный состав (присутствуют слабофюзенизированные фрагменты растительных тка-

ней, кусочки смолы, фузена, водоросли и т. д.); преобладают остатки мелких размеров, часто в виде детрита), и обычно плохой сохранности.

Установленная закономерность находит объяснение: в первом случае в отсутствии существенного привноса спор и пыльцы извне и захоронении их практически на месте произрастания продуцирующей растительности, тогда как во втором — в смешении при захоронении спор и пыльцы, продуцируемых различными растительными сообществами и приносимых с более обширных территорий. Рассмотрим несколько конкретных примеров, иллюстрирующих возможность использования палинологических критериев определения палеоландшафтных обстановок.

Угленосные отложения Еврамерийской палеофитогеографической области характеризуются определенной сменой спорово-пыльцевых спектров по разрезу, отражающей смену палеогеографических обстановок. Спектры угольных пластов, особенно среднекаменноугольного возраста, отличаются постоянным доминированием (до 80—90 %) спор плауновидных (*Lycospora*, *Vallatisporites*), отвечающих моментам развития болотно-лесной растительности с господством плауновидных в областях приморских и приозерных низин и аллювиальных равнин. Спектры из интервалов разреза, не содержащих угольных пластов, отличаются уменьшением количества *Lycospora* и увеличением содержания и разнообразия спор папоротников, птеридоспермов и пыльцы хвойных (*Granulatisporites*, *Granisporites*, *Schopfiipollenites*, *Potonieisporites*, *Florinites*, *Platysaccus*), свидетельствующих о развитии древесно-кустарниковой растительности с господством птеридоспермов в областях денудационно расчлененных равнин и плоских плакорных водоразделов. Эта общая закономерность, выраженная в смене спорово-пыльцевых спектров на протяжении карбона Еврамерийской палеофитогеографической области, отражает направленность в развитии физико-географических обстановок от приморских заболоченных низин раннего карбона к аллювиально-озерно-болотным ландшафтам среднего карбона и, наконец, к денудационно-рассеченным плакорным обстановкам позднего карбона.

На рис. 17 показаны спорово-пыльцевые спектры, отвечающие смене палеогеографических обстановок угленакопления в среднем карбоне Карагандинского бассейна на территории Казахстанской провинции Еврамерийской палеофитогеографической области. На первых этапах постепенного зарастания водоема (см. рис. 17, I и II) формируются спорово-пыльцевые спектры относительно разнообразного состава, со значительным участием спор членистостебельных (*Calamospora*), а также спор папоротников, птеридоспермов и даже пыльцы хвойных, сносимых в водоем, но при отсутствии или очень незначительном содержании спор плауновидных. При начавшемся заболачивании и переходе в болото (см. рис. 17, III—V) состав спорово-пыльцевых спектров становится менее разнообразным и с резким доминированием спор

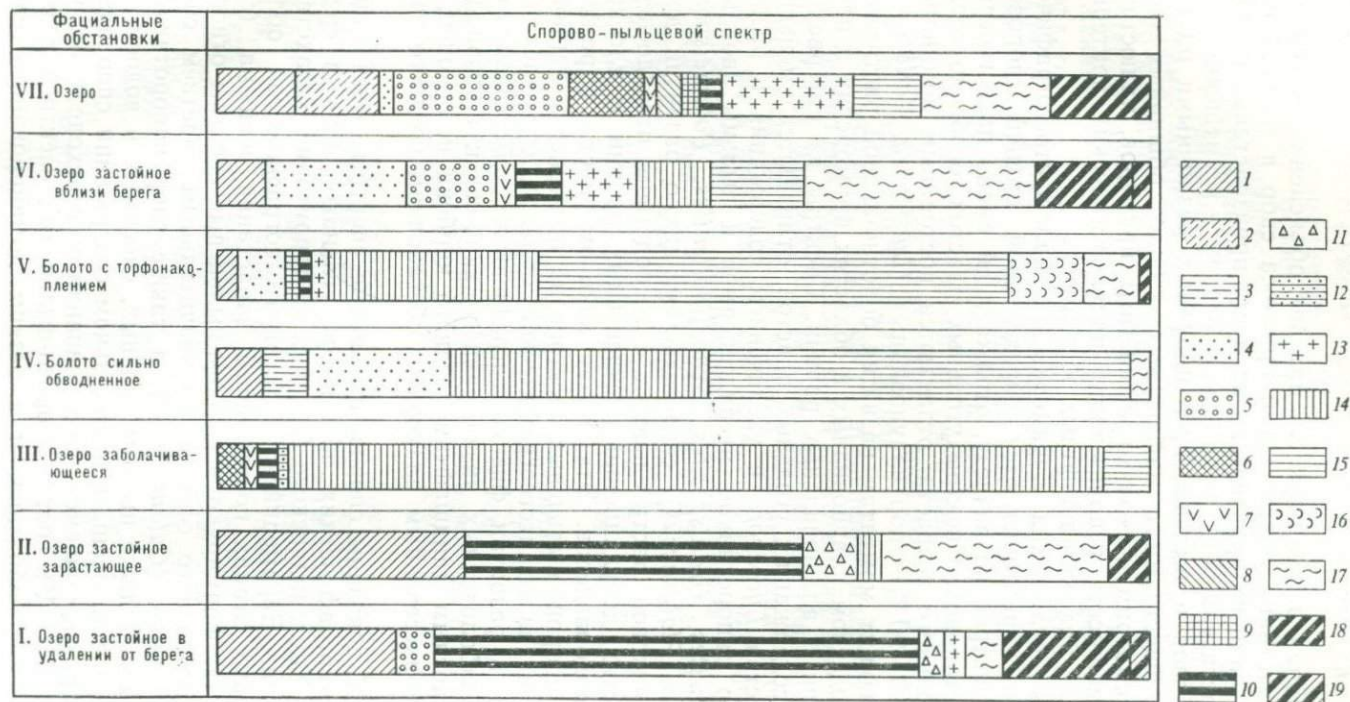


Рис. 17. Состав спорово-пыльцевых спектров из угленосных отложений карбона Карагандинского бассейна. По М. В. Ошурковой (1986 г.)

1 — Calamospora; 2 — Punctatisporites; 3 — Granisporites; 4 — Planisporites; 5 — Punctatisporites+Thymospora+Torispora; 6 — Verrucosisporites; 7 — Apiculatisporites; 8 — Dictyotriletes; 9 — Leiotriletes; 10 — Granulatisporites; 11 — Lophotriletes; 12 — Acanthotriletes; 13 — Remysporites; 14 — Lycospora; 15 — Vallatisporites; 16 — Angulisporites; 17 — Schopipollenites; 18 — Florinites; 19 — Platysaccus

плауновидных (*Lycospora*, *Vallatisporites*). Наступающее затем затопление болота и переход вновь к озерным условиям (см. рис. 17, VI, VII) приводят к формированию спорово-пыльцевых спектров, отличающихся смешанным составом, с наибольшим видовым разнообразием и почти в равных количествах участием спор членистостебельных, плауновидных, а также папоротников (*Apiculatisporites*, *Granulatisporites*, *Verrucosisporites*), птеридоспермов (*Schopfipollenites*, *Florinites*) и даже пыльцы хвойных (*Platysaccus*).

Для угольных пластов пермского возраста на территории Ангарской палеофитогеографической области И. З. Фаддеевой была дана характеристика спорово-пыльцевых спектров, отвечающих определенным типам углей и индицирующих различные фации болот. Спорово-пыльцевые спектры блестящих и полублестящих углей характеризуются значительным количеством (20—30 %) спор сфагновых мхов (*Nigrisporites*), папоротников (*Acanthotriletes*), несколько меньшим (до 20—24 %) содержанием пыльцы гинкгоцикадофитов (*Marsupipollenites*, *Entylissa*) и совсем небольшим количеством (не более 4—8 %) пыльцы кордаитовых (*Cordaitina*). Такие спектры отвечают условиям обводненных болот центральной зоны торфяника с доминированием в растительном покрове сфагновых мхов. Спорово-пыльцевые спектры матовых и полуматовых штриховатых и полосчатых углей характеризуются преобладанием (52—65 %) спор папоротников и уменьшением количества (не более 6 %) спор мхов. Незначительно сокращается содержание пыльцы гинкгоцикадофитов (15—19 %) и кордаитовых (2—3%). Эти спорово-пыльцевые спектры отражают растительность краевой зоны торфяника с преобладанием представителей папоротников в условиях слабоувлажненного болота. Спорово-пыльцевые спектры матовых и полуматовых однородных углей характеризуются примерно одинаковым присутствием спор и пыльцы всех основных групп растений. Здесь в большом количестве присутствуют пыльца кордаитовых (обычно 16—20 %, иногда до 30 % и более), пыльца гинкгоцикадофитов (до 26—28 %) и споры папоротников (24—30 %), вместе с тем содержание спор мхов незначительно и не превышает 8—10 %. Такие спектры отвечают фациям проточных болот и зоны переважа торфяных масс, где происходило в значительной степени аллохтонное захоронение сносимых сюда пыльцы и спор.

Для среднеюрских отложений Орского буроугольного бассейна И. З. Фаддеевой в 1961 г. были получены палинологические критерии для основных фациальных обстановок угленакопления (рис. 18): фации озер, зарастающих водоемов, топяных проточных болот, топяных застойных болот, лесных периодически проточных топей. И. З. Фаддеева, проанализировав состав спорово-пыльцевых спектров всех типов фаций, обратила внимание на связь степени обводненности и состава спектров. По мере нарастания обводненности в составе спорово-пыльцевых спектров все большее значение приобретает пыльца хвойных.

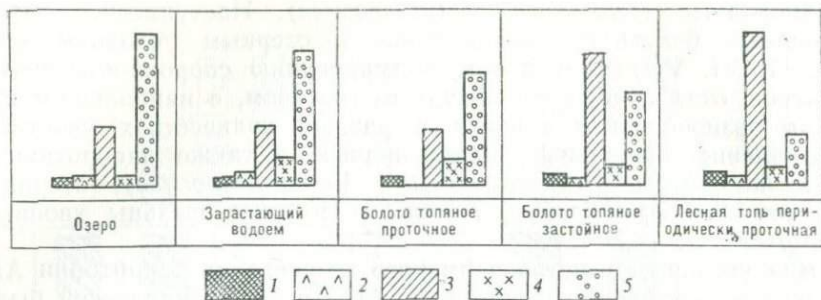


Рис. 18. Состав спорово-пыльцевых спектров из угленосных отложений юры Орского бурогольного бассейна. По И. З. Фаддеевой (1986 г.)

1 — Lycopodiales + Equisetales; 2 — Osmundaceae; 3 — Dicksoniaceae + Leiotriletes; 4 — Bennettitales; 5 — Coniferales

Как показали приведенные выше примеры, спорово-пыльцевые спектры достаточно четко отражают смену состава растительности, обусловленную изменением экологических условий. Устанавливая характерные черты спорово-пыльцевых спектров определенных фациальных обстановок, можно использовать палинологические данные как один из критериев индикации палеогеографических условий накопления континентальных осадков.

Методика комплексных палеофитологических исследований и ее применение при реконструкции обстановок древнего осадконакопления. В последние годы при палеофитологических исследованиях все большую роль играют тафономические наблюдения и палеоэкологическая интерпретация получаемых данных. Чаще применяется комплексное изучение осадочных толщ — литологическое и палеофитологическое. При этом литолог по растительным остаткам как одному из элементов осадка выясняет обстановку осадконакопления, беря за основу комплекс первичных литогенетических признаков, а палеофитолог основное внимание обращает на ископаемые остатки растений и для дополнительной интерпретации фаций использует свои знания по биологии и экологии древних растений.

Традиционно важную роль в комплексе геолого-поисковых работ играют исследования микро- и макроскопических остатков растений. На основании палеофитологических исследований установлено, что их эффективность возрастает в том случае, если наши знания о растительных остатках складываются не как простая сумма данных по палеопалинологии и палеоботанике, а являются результатом целенаправленного комплексного подхода. В чем же состоит сущность этого подхода?

Прежде всего — в комплексном понимании самого объекта исследований, а также в фациально-палеоэкологическом методе исследований [24]. Объектом палеофитологических исследований становится фитоориктоценоз, который понимается как совокупность fossilized микро- и макроскопических остатков растений, захороненных в определенных фациальных условиях и

приуроченных к конкретной литологической разновидности пород. Комплексный подход в палеофитологических исследованиях расширяет возможности интерпретации для целей стратификации и корреляции отложений и для реконструкции обстановок древнего осадконакопления. Информационные возможности отдельных элементов фитоориктоценоза существенно меньше, чем у фитоориктоценоза как системы.

Полнота и глубина решения прикладных геологических задач по палеофитологическим данным определяются нашей способностью реконструировать растительные сообщества и ландшафтно-седиментационные обстановки прошлого. Накоплен богатый опыт по реконструкциям растительных сообществ прошлого. Такие реконструкции базируются на восстановлении общего облика древних растений по морфолого-анатомическим признакам, классификации жизненных форм и экологических типов растений. Находки в ископаемом состоянии органов спороношений позволяют установить естественную принадлежность спор и пыльцы к продуцировавшим их видам растений. Если учесть лучшую сохранность в ископаемом состоянии и широкую встречаемость спор и пыльцы в породах, то данные анализа спорово-пыльцевых спектров позволяют иногда более полно представить видовой состав древней растительности. Тафономические и литолого-фациальные наблюдения служат основанием для реконструкции условий местообитания растительных сообществ. Таким образом, совместная интерпретация данных фациального и палеоэкологического методов палеофитологических исследований позволяет восстановить разные типы растительных сообществ с учетом своеобразия их видового состава, ярсной и синузальной структуры и особенностей местообитания.

Следующим этапом палеогеографических реконструкций является восстановление ландшафтных обстановок прошлого. Примером реконструкции ландшафтных обстановок, характерных для периода накопления угленосной толщи карбона Центрального Казахстана, может служить блок-диаграмма на рис. 19. Имеющиеся данные позволяют наметить характерный для того времени эколого-топологический ряд типов растительности: 1) прибрежно-водный лесной с господством членистостебельных по берегам морей и озер, 2) болотно-лесной с господством плауновидных на плоских слабо дренируемых аллювиальных равнинах, 3) плакорный древесно-кустарниковый с господством птеридоспермов на плоских водоразделах и пологих склонах возвышенностей. На месте обитания первого типа растительности сформировавшиеся ориктоценозы характеризуются преобладанием среди макроскопических остатков растений фрагментов стеблей, ветвей, спороношений и листьев членистостебельных, а среди микроскопических остатков — относительно смешанным составом спор и пыльцы, но обычно с большим содержанием спор *Calamospora*, *Punctatisporites*, принадлежащих членистостебельным. Образование этих фитоориктоценозов происходило в прибрежных условиях во-

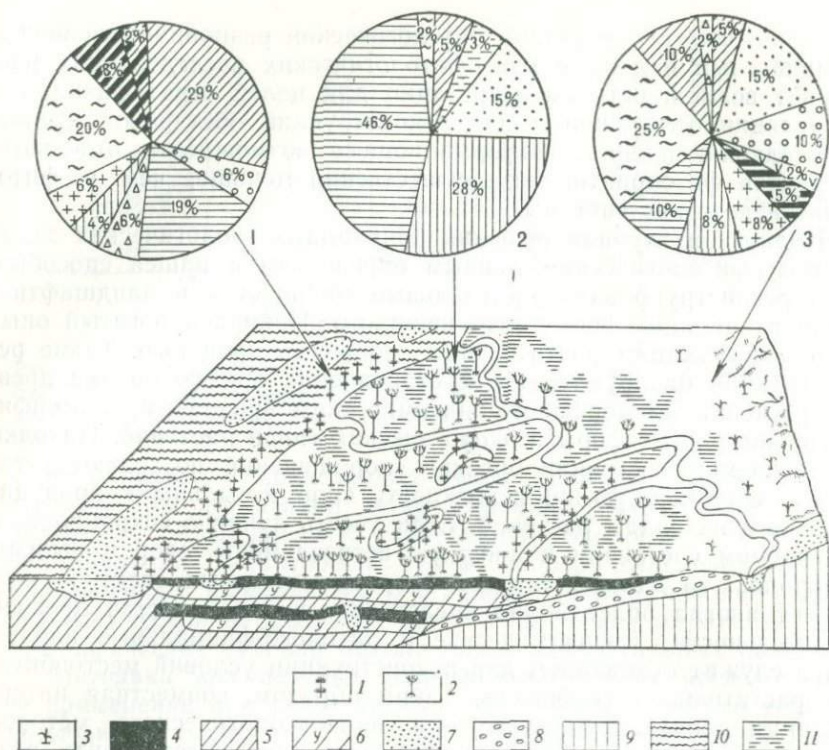


Рис. 19. Блок-диаграмма ландшафтно-экологических обстановок периода накопления осадков долиńskiej свиты карбона Карагандинского бассейна. По М. В. Ошурковой (1986 г.)

1 — прибрежно-водный лесной тип растительности с господством членистостебельных; 2 — болотно-лесной тип растительности с господством плауновидных; 3 — плакорный древесно-кустарниковый тип растительности с господством птеридоспермов; 4 — уголь (фашия торфяного болота); 5 — аргиллит (фашия озера); 6 — алевролит (фашия поймы зарастающей и заболачивающейся); 7 — песчаник (фашия русла и песчаных отмелей); 8 — грубозернистый песчаник и гравий (фашия конусов выноса); 9 — коренные породы; 10 — озеро; 11 — болото. Циклограммы спорво-пыльцевых спектров, продуцированные определенными типами растительности (1, 2, 3); условные обозначения к ним см. рис. 7

доемов и носило гипоаллохтонный характер, т. е. сопровождалось незначительным переносом растительных остатков. На месте обитания второго типа растительности ориктоценозы отличаются обилием остатков коры, стволов, ветвей, спороношений, листьев и ризофор лепидодендронов, а среди спор резко доминируют *Lycopora*, *Vallatisporites*, продуцируемые лепидодендроновыми. Формирование этих фитоориктоценозов происходило автохтонно в условиях болот. Наконец, на месте обитания третьего типа растительности не произошло захоронение остатков растений, так как не было аккумуляции осадков. Растительные остатки, продуцируемые третьим типом растительности, подвергались переносу и захоронялись аллохтонно. Но если ориктоценоз возникал вблизи места произрастания и перенос был недалеким (застойное озеро с заросшими берегами), в его составе наблюдается скопление

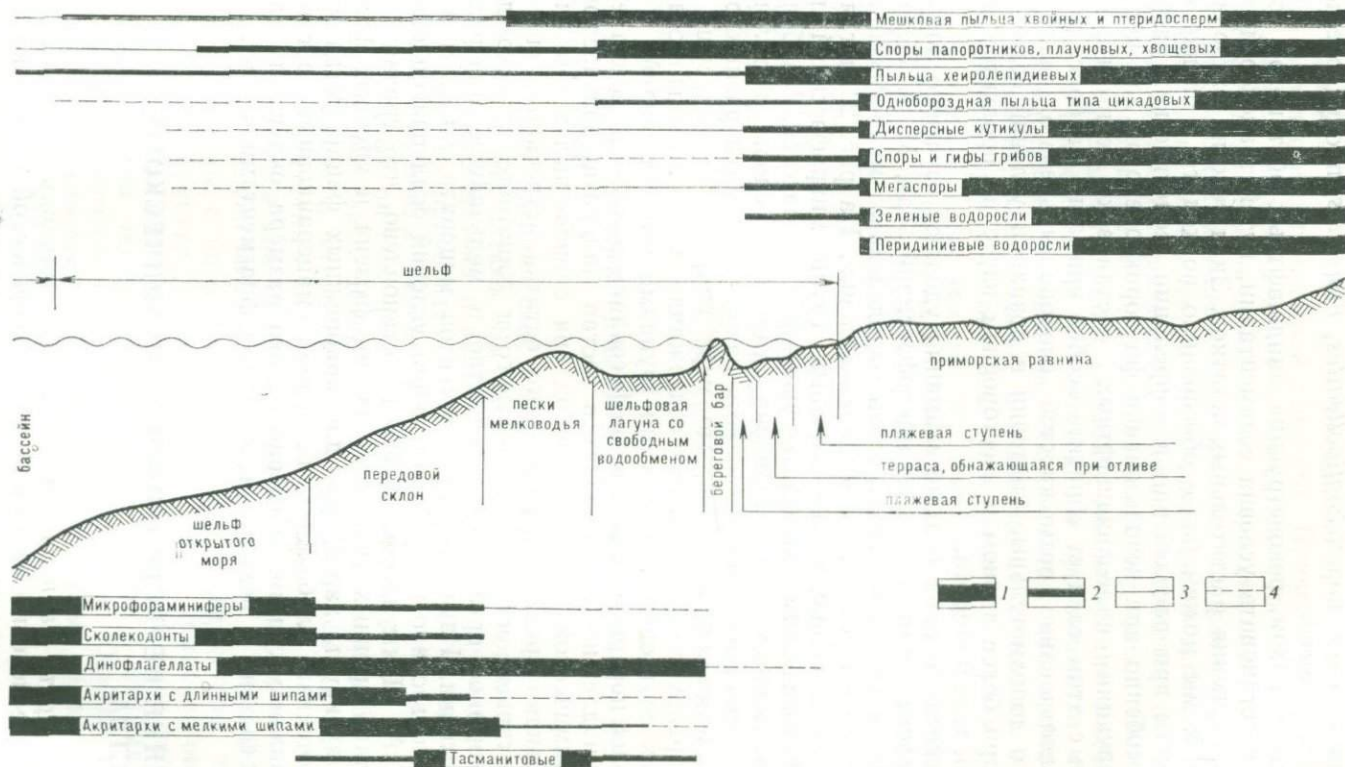


Рис. 20. Распределение основных групп микрофоссилий по геоморфологическому профилю суша—шельф—бассейн. По М. А. Петросьянц (1984 г.)

Количественное содержание микрофоссилий: 1 — обильно, 2 — много, 3 — мало, 4 — единично

остатков рахисов, вай, перьев, перышек и семян птеридоспермов и доминирование спор *Schopfipollenites*, *Florinites*, продуцируемых птеридоспермами.

Таким образом, реконструкция ландшафтных обстановок позволяет восстановить условия седиментации, путей транспортировки и захоронения растительных остатков. Зная генезис фитоориктоценозов, мы можем более обоснованно подходить к оценке их значимости при расчленении и корреляции геологических разрезов и особенно при использовании фитоориктоценозов для целей реконструкции палеоландшафтных обстановок седиментации. В связи с этим следует обратить особое внимание на более полное использование возможностей спорово-пыльцевого анализа, дающего дополнительные критерии в познании условий седиментации при более полном и всестороннем изучении продуктов мацерации, т. е. мацерата.

В последние годы больше внимания уделяют изучению полного комплекса встречающихся микрофоссилий. Так, М. А. Петросьянц выявлена постоянная связь определенных микрофоссилий с конкретными условиями осадконакопления. На рис. 20 наглядно показано распределение основных групп микрофоссилий по геоморфологическому профилю суша—шельф—бассейн. Наибольшим диапазоном распространения отличаются споры и пыльца наземных растений, встречающиеся захороненными в разных обстановках осадконакопления. По мере продвижения от суши к морю варьирует количественное содержание спор и пыльцы в осадках и их соотношение с другими группами микрофоссилий.

До сих пор речь шла о микрофоссилиях различной естественной принадлежности, входящих в состав мацерата, получаемого после химической обработки пород при спорово-пыльцевом анализе. Однако среди мацерационного остатка встречаются еще и фрагментарные остатки растительного и животного происхождения, аморфное органическое вещество и мельчайшие минеральные частички. Изучение этих элементов мацерата также может быть использовано при реконструкции условий осадконакопления. Так, В. А. Шахмундесом в 1973 г. установлено, что сравнительное обилие крупных угловатых частиц фюзена и крупных фрагментов кутикулы характерно для прибрежных фаций, тогда как в отложениях глубоководных фаций мацерационный остаток представлен мелкими, примерно одного размера округлыми частицами фюзена и редкими небольшими фрагментами кутикул.

ИЗУЧЕНИЕ НЕРАСТВОРИМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Более трети палинологов в СССР занимаются исследованиями для обеспечения надежной стратиграфической основы поиска и разведки таких полезных ископаемых, как нефть и газ. Овладев

несложной методикой на базе традиционных палинологических исследований, они могут дать дополнительную важную информацию в области органической геохимии. Причем без дополнительных затрат на оборудование и техническую обработку образцов. Для целей детального расчленения и корреляции разрезов, а также для различных палеофлористических построений палинологи изучают лишь определенную часть рассеянного органического вещества (микрофитофоссилий), которая извлекается из образцов керна по принятой методике технической обработки. Она состоит из ряда последовательных операций: дезинтеграции пород, мацерации и приготовления из полученного органического мацерата (органомасцерата) препаратов. Общеизвестно, что кроме микрофитофоссилий, как правило, органомасцерат содержит и другие компоненты органического вещества: различного размера фрагменты растительных тканей, углистые частицы, зерна микрофитопланктона, спикулы губок, прослойки микрофораминифер, кусочки смолы, бесформенные комковатые комочки аморфного вещества и т. д. Установлено, что для прогнозирования нефти и газа большое значение имеют данные об органическом веществе, из которого генерируются углеводороды. Важно знать, сколько органического вещества содержится в породе, каковы его биологический состав, соотношение составляющих компонентов и степень зрелости. Все эти параметры можно установить на основании анализа мацерата и они очень важны для нефтяной геологии.

РАССЕЯННОЕ НЕРАСТВОРИМОЕ ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ИЛИ КЕРОГЕН

Осадочное органическое вещество, рассеянное в породе, образовалось двумя путями. Во-первых, за счет ископаемых остатков фито- и зоопланктона и наземных растений, причем преобладающая часть их приходится на остатки растений (репродуктивные органы, фрагменты тканей и т. д.).

Во вторых, за счет процесса преобразования этих веществ. Он длился значительно дольше. В этом случае принимают участие биохимические и затем геохимические процессы преобразования вещества, известные под названием термальной эволюции диагенеза, катагенеза или углефицирования [46]. Эти процессы в значительной степени изменяют вещество и ведут к образованию новой их формы с иной физико-химической структурой, что отражается на структуре и цвете составляющих компонентов.

Понятие «нерастворимое рассеянное органическое вещество в породе» широко употребляется среди геологов и геохимиков. Оно наиболее объективно по смысловому значению. Однако для краткости часто употребляются термины-синонимы, на которых следует остановиться подробнее.

Термин «органомасцерат» введен для обозначения всего органического остатка, который получается в результате технической

обработки породы; он понятен палинологам по смыслу и по способу его получения (мацерация породы), но не имеет распространения в геологической и геохимической практике.

Термин «кероген» широко используется в настоящее время как за рубежом, так и в отечественной литературе — геологической, геохимической и палинологической. Д. Хант [39] определяет «кероген» как рассеянное органическое вещество осадочных пород, которое нерастворимо в неокисляющих кислотах, основаниях и органических растворителях. Органический материал, находящийся в неуплотненных осадках, является предшественником «керогена», но не самим «керогеном», и превращается в него при диагенезе. Близкое определение «керогена» дается У. Уолтоном (1982 г.) — все органическое вещество, которое нерастворимо в кислотах и которое выделяется из осадков, подвергнутых растворению в плавиковой и соляной кислотах. Таким образом, это определение включает весь тонкорассеянный органический материал, высвободившийся из пород после их обработки в кислоте и нерастворимый в обычных органических растворителях (например, в бензоле), в противоположность растворимой фракции, называемой битумом, или битумоидом.

Термин «палинофация» получил большое распространение среди палинологов-нефтяников, особенно за рубежом. Он обобщает составляющие компоненты палинологического препарата. Наиболее обширная информация по этому вопросу дана А. Комбой, который отмечает, что палинология выделялась из палеонтологии не только размерами, но, что более существенно, природой своих объектов. Палеонтологический материал, хотя и свидетельствует о живом (органическом) мире, в основном минерализован; он требует более тщательной подготовки к анализу и является исключительно органическим по происхождению.

Термин «палинофация» характеризует обстановку накопления органического вещества породы. И хотя сам А. Комба справедливо отмечает, что вместо «палинофация» более логичен термин «микроорганомфация», но из-за легкости запоминания широко пропагандирует термин «палинофация». Другие синонимические определения рассеянного нерастворимого органического вещества, такие, как каустобиолиты и углеродистое вещество, чаще встречаются в работах петрографов, занимающихся изучением углей.

Краткий терминологический анализ рассеянного нерастворимого органического вещества приводит к мысли о необходимости использования определения краткого и наиболее точно отражающего предмет исследования палинологами — кероген. Ибо кероген состоит из органического вещества включая спорополленин.

Следовательно, во всех палинологических исследованиях нерастворимое органическое вещество рекомендуется называть для краткости керогеном.

Микроскопический анализ органического вещества проводится различными методами:

1) в проходящем свете — на палинологической и биологической основе возможна идентификация всех или почти всех составляющих кероген объектов;

2) в отраженном свете — проводится анализ углей, позволяющий их классифицировать на морфолого-химической и биологической основе;

3) изучение в флюоресцентном свете — позволяет идентифицировать на химической основе некоторые составляющие; позволяет дать полный диагноз флюоресцирующих объектов более точно, чем визуальное наблюдение. Однако этот метод требует специального оборудования.

Все палинологические исследования нерастворимого органического вещества — керогена осуществляются под биологическим микроскопом любой марки в проходящем свете при увеличении $\times 400$ или $\times 600$.

Классификация органического вещества осадочных пород на основе палинологического метода. Качественный состав органического вещества и соотношение составляющих его компонентов в значительной мере обуславливают состав и количество продуцируемых углеводов. Этот факт привлекает большое внимание к классификации нерастворимого органического вещества. Широкой известностью пользуются таковые, составленные на основании геохимических данных и петрологии углей. В последние годы при классификации рассеянного органического вещества стали использовать объекты палинологических исследований: споры, пыльцу, зерна микрофитопланктона, а также и все другие органические составляющие породы. В состав керогена входят не все органические вещества породы, поскольку его определенная часть гидролизует и удаляется при химической обработке; он соответствует основной массе органических составляющих изучаемого осадка.

Установление исходной природы нерастворимого органического вещества в осадочных отложениях — трудоемкая и не всегда однозначно решаемая задача. Состав органического вещества в осадках определяется [17] по ряду признаков. Из них существенное значение имеют геохимические и палеогеографические условия осадконакопления. Многими исследователями (О. А. Радченко, В. А. Успенский, Д. Хант и др.) рассеянное органическое вещество осадочных пород подразделяется на два генетических типа: гумусовое и сапропелевое. Образование гумусового типа связывается с остатками наземного происхождения, а сапропелевого — преимущественно с остатками морского. При определении органического вещества часто исходят из его физико-химического состава.

Гумусовое вещество характеризуется морфологически выраженными остатками наземной растительности. Это высокоциклические соединения, в которых отношение водорода к углероду менее 0,9. Сапропелевое вещество характеризуется отношением водорода к углероду более единицы и полным или почти полным отсутствием морфологически выраженных остатков. У. Уолтен также придержи-

Классификация органического вещества. По А. Бейлису (1977 г.)

Международный справочник по угольной петрологии (1963 г.)		А. Комбаз (1964 г.)	М. Корреа (1970 г.)	Дж. Буртес (1974 г.)	Дж. Райнольд и П. Роберт (1976 г.)
Инертинит		Растительный детритус	Нерастворимое органическое вещество с нечетко выраженной морфологией	Генерация газа	Структурированный материал
Витринит	Телинит				
	Коллинит				
Экзинит — липтинит	Споронит, кутинит, альгинит, резинит, липтодетринит и др.	Микрофоссилии	Нерастворимое органическое вещество, обладающее отчетливой морфологией	Генерация нефти	Аморфный материал
		Аморфное органическое вещество				Растворимое органическое вещество с плохо выраженными границами

важнейшей необходимостью традиционного деления органического вещества на две основные группы: гумусовое и сапропелевое. При этом подчеркивается значение такого деления с точки зрения зрелости органического вещества, так как гумусовый кероген продуцирует главным образом газообразные углеводороды, а сапропелевое вещество генерирует нефть. Эти основные группы У. Уолтон отождествляет следующим образом (табл. 7). В составе гумусовой группы он выделяет инертинит и витринит, которые определяются петрографами, занимающимися изучением углей; сапропелевое вещество подразделяет на три подгруппы: 1) кутикулярный сапропель, 2) палиноморфный и 3) аморфный, или неструктурированный сапропель, состоящий из бесструктурного органического материала, который

Дж. Буджак и др. (1977 г.)	А. Комбаз (1980 г.)	Б. Дюран (1980 г.)	К. Рерри и др. (1980 г.)	М. Фишер и др. (1980 г.)	
Меланоген (углистое вещество)	Гелифицированное вещество	Древесно-лигнитовое, гумусовое или наземное вещество	Черная древесина	Инертинит	
			Бурая древесина	Витринит	Структурированный
Хилоген (древесное вещество)			Кортекс				Неструктурированный
			Смола		
Фироген (травянистое вещество)	Фрагменты растений	Распознаваемые фрагменты организмов	Кутикулярный сапропель	Кутикулярный сапропель	
	Микрофоссилы		Палиноморфный сапропель	Палиноморфный сапропель	
Аморфоген (аморфное вещество)	Зернистое губчатое и коллоидальное органическое вещество	Коллоидальное, водорослевое сапропелевое или морское органическое вещество	Аморфный материал	Аморфный сапропель	

может быть тонко рассеян или скоагулирован в комковатые массы (этот вид керогена характерен для обстановок для анаэробной среде). В состав кутикулярного сапропеля входят тонкие, плоские эпидермальные фрагменты, а в состав палиноморфного сапропеля (подразделяющегося в соответствии с экологическими обстановками его образования) — споры и пыльца образованных на суше пресноводных водорослей (*Botryococcus*), водоросли солоноватоводного генезиса (лейосфериды) и компоненты морского генезиса (динофлагеллаты, акритархи, тасманитиды, хитиновые покровы раковин).

Известны классификации органического вещества, которые разработаны палинологами в комплексе с данными петрографов, зани-

мающихся изучением углей. А. Комбаз среди органических компонентов осадочных пород различает органические микроскопические ископаемые (споры, пыльцу, жгутиковые и т. д.), органические остатки (животные или растительные ткани — древесина, кутикула), аморфное органическое вещество более или менее плотное до коллоидального. Химическая природа этих компонентов различна, но всегда — органическая. Они извлекаются только при физической и химической обработке породы: растворением минеральной части и ее удалением. В 1975 г. А. Комбаз вслед за классификацией Генриха Потонье, выделяет два основных типа органического вещества: сапролиты, состоящие из органических компонентов водного происхождения, и лигногумиты — такого типа, как лигниты и торфы. Кроме этих двух основных типов, им выделяется серия образований промежуточного характера, сюда относятся также споры и пыльца наземных растений. Совокупность их составляет тип липтобиолитов. Сапролиты, гумиты и липтобиолиты рассеянного органического вещества могут смешиваться в разнообразных пропорциях как между собой, так и с различными минералами. Базируясь на этой группировке органических компонентов, составляющих породу, указанные исследователи предполагают возможным определять содержание в породе всех органических компонентов и характеризовать среду осадконакопления, а также оценить роль и разнообразие диагенетических изменений органического вещества. Дж. Буджак, М. Бэрс и Г. Вильямс в 1977 г. разработали классификацию органического вещества, согласно которой выделяется четыре типа: меланогенный (углистый), хилогенный (деревянистый), фирогенный (травянистый) и аморфогенный.

Меланогенный тип — весь непрозрачный темный органический материал. Хилогенный тип — частицы волокнистого растительного материала древесного происхождения. Фирогенный тип включает кожуру растений, споры и динофлагеллатные водоросли. Аморфогенный тип охватывает несистематизированный, бесструктурный органический материал (рассеянные частицы или коагулированные в рыхлые комки) — см. табл. 7.

Урбан Аллен в 1975 г., применяя оптический метод в проходящем свете, под микроскопом выделяет две крупные категории органического вещества: структурные обломки растений и аморфное вещество. Структурные обломки — разрозненные органические частицы с различной морфологической структурой, аморфное вещество — бесструктурная масса, часто имеющая зернистую текстуру.

Н. Балтез [41] органическое вещество делит на пять групп: углеродогеническое, ксилогеническое, фитопланктоногеническое, спорогеническое и аморфногеническое.

Углеродогеническое вещество представлено углистыми остатками, которые не могут быть определены таксономическими методами.

Ксилогеническое вещество включает остатки структурного растительного вещества, представленного лигнитовыми компонентами (сосудистая ткань, кутикула и т. д.).

Фитопланктоногеническое вещество — динофлагеллаты, акри- тархи, тасманиты.

Спорогеническое вещество состоит из спор и пыльцы всех крупных таксономических элементов.

Аморфногеническое вещество имеет самые разнообразные формы от мелких капелек до агломератов и представлено лигнитовыми компонентами, жирами, белковыми компонентами, спорополленинами. Из него были выделены парафины, смолы, битумы.

П. Роберт [46] на основании изучения оптическим методом в проходящем свете органическое вещество подразделяет на три группы: 1) репродуцирующие органы растений или спориниты, 2) алифатические секреты растений (в основном тесно связанные с тканями) и 3) мембраны одноклеточных водорослей.

Дж. Хант [10], обобщая данные палинологов, работающих в нефтяной промышленности, приводит разработанную ими номенклатуру для керогена, остающегося после растворения большей части минерального вещества пород в соляной и плавиковой кислотах. Он выделяет водорослевый, аморфный, травянистый, древесный и углистый (инертинитовый) керогены.

Водорослевый кероген характеризуется сохранившейся водорослевой структурой морского и неморского происхождения.

Аморфный кероген в основном представлен сапропелевым органическим веществом планктона и других низших форм жизни; может иметь морское или озерное происхождение.

Травянистый кероген состоит из пыльцы спор, кутикулы, эпидермиса листьев, клеточных структур растений и другого распознаваемого разрозненного клеточного материала. Травянистый материал имеет в основном наземное происхождение.

Древесный кероген представлен волокнистым веществом с различной прямоугольной клеточнодревесной структурой.

Углистый кероген — это переотложенный материал, а также растительный материал, который претерпел естественную карбонизацию — обугливание, окисление, сильное уплотнение или воздействие грибов; к этой категории относится и древесный уголь, образованный в результате лесных пожаров.

Все рассмотренные классификации имеют сходство в том, что в них проводится различие между гумусовыми и сапропелевыми компонентами керогена и угля.

Как уже отмечалось, большая часть нефти и газа образуется из сапропелевого органического вещества; гумусовое органическое вещество продуцирует в основном газ.

Угли повсеместно характеризуются гумусовым типом органического вещества, поэтому они обычно не являются источником нефти. Когда обнаруживается нефть, выходящая из пластов гумусовых углей, она бывает обязана своим происхождением лейптенитовой фракции угля, т. е. воскам и смолам [40].

Состав органического вещества предопределяет не только фазовое состояние и количество углеводородов, но и качественный состав их. В результате изучения нефтематеринских пород Румынии

[41] удалось установить связь исходного органического вещества с качеством нефти. Так, на платформе Монсиана встречается преимущественно парафиновая нефть, образовавшаяся в отложениях ордовика и силура и имеющая преимущественно микропланктонное происхождение (акритархи и хитинозои), в то время как в отложениях девона обнаружена полупарафиновая нефть, образованная из отложений, в которых присутствует спорогеническое вещество.

Циклопарафиновая нефть, образовавшаяся в каменноугольных пелитовых отложениях, приурочена только к континентальному растительному веществу, особенно к гимноспермам и сосудистым криптогамам углеродогенической и аморфогенической групп. Малые количества нефти в известково-доломитовых и глинисто-солевых отложениях среднего триаса, как предполагает Н. Балтез, образуются как из микропланктонных организмов, так и из континентального органического вещества. Причем аморфная группа имеет первостепенное значение в продуцированной нефти.

В циклопарафиновой нефти среднеюрских пелитовых серий часто преобладают континентальное углеродо-, ксило- и спорогеническое вещество с небольшим количеством морского, фитопланктоногенического вещества. Из известковых водорослей благодаря микропланктонным и бентосным организмам в течение поздней юры — раннего мела образовывалась алканическая нефть.

Отмечается большое значение органического вещества, образованного из хвойных и пресноводных диатомовых водорослей в формировании олигоценовой циклопарафиновой нефти карпатского флиша, а также роль планктонных (включая кремнистые) и ксилогенных фракций в формировании миоценовой парафиновой нефти и пресноводных водорослей в формировании позднеплиоценовой парафиновой нефти.

Учитывая важность определения генетического типа исходного рассеянного органического вещества при оценке потенциальных возможностей осадочных пород к производству углеводородов, предлагается наиболее удобный вариант классификации керогена по органомацерату с более детальным анализом ботанической принадлежности исходного органического вещества, который можно проводить при палинологических исследованиях.

Л. В. Ровниной (1984 г.) выделено шесть групп органического вещества (табл. 8): аморфогенная, альгинитовая, экзинитовая, резинитовая, кутиновая и углистая. Из них две первых, согласно традиционному делению, соответствуют сапропелевому веществу, углистая — гумусовому, а экзинитовая — промежуточному (липобиолитовому), которое по содержанию водорода стоит ближе к сапропелевому.

Кроме того, как это видно из табл. 8, альгинитовая и экзинитовая группы подразделены соответственно на две и семь подгрупп, отражающих связь исходного органического вещества с тем или иным классом растений. Предполагается возможным в экзинитовой группе выделение нескольких экологических подгрупп, в част-

Классификация рассеянного органического вещества (керогена).
По Л. В. Ровниной (1984 г.)

Тип	Группа на структурной основе	Подгруппа на ботанической основе	Исходные компоненты
Сапропелевый	Аморфогенная		Несистематизированное бесформенное органическое вещество, часто с ложной зернистой структурой
	Резинитовая		Кусочки смолы, воск и др.
	Альгинитовая	Перидиниевые и другие органостенные водоросли	Оболочки перидиниевых и других органостенных водорослей
		Синезеленые и бурые водоросли	Оболочки синезеленых и бурых водорослей
Сапропелево-лейптинитовый	Экзинитовая (лейптинитовая)	Предполагаемые водоросли	Акритархи
		Грибы?	Предполагаемые споры грибов?
		Мхи, хвощи, плауны	Споры мхов, хвощей, плаунов
		Папоротники	Споры наземных и водных папоротников различных экогрупп
		Цикадофиты, гинкговые	Пыльца гинкговых, цикадовых беннеттитовых
		Хвойные	Пыльца с воздушными мешками хвойных растений различных экогрупп
		Хейролепидиевые	Пыльца типа <i>Classopollis</i>
		Покрытосеменные	Пыльца покрытосеменных растений

Тип	Группа на структурной основе	Подгруппа на ботанической основе	Исходные компоненты
Гумусовый	Кутиновая		Фрагменты растительных тканей, эпидермиса
	Углистая		Углефицированные частицы детрита в виде обломков неправильной формы различного размера (от нескольких единиц до десятков микрон)

ности, для спор папоротников, которые могли бы характеризовать, с большой долей условности, палеобиоценозы и некоторые особенности палеогеографических условий формирования осадков и органического вещества. Примером аморфного вещества являются отложения поздней юры и раннего мела баженовской свиты и ее аналогов в Западной Сибири. Органомацерат баженовской свиты под микроскопом представлен предельно насыщено рыхлыми, различной величины частицами с ложной ячеистой или губчатой структурой; возможно, это микрофрагменты водорослевых талломов.

Альгинитовый тип органического вещества с участием экзинитового (хвойного подтипа) характеризует алясовскую свиту северо-западных районов Западной Сибири. Экзинитовое органическое вещество различных подгрупп (хвойного, папоротникового и других) часто встречается в отложениях тюменской, вартовской и других свит Западной Сибири.

Резинитовое органическое вещество, как правило, присутствует вместе с кутиновым, углистым и экзинитовым органическим веществом в отложениях целого ряда свит триаса, нижней и средней юры.

КАТАГЕНЕЗ НЕРАСТВОРИМОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

При прогнозировании нефтегазоносности большое значение имеют данные о катагенетической преобразованности рассеянного органического вещества. Главные факторы этих преобразований — температура и давление, которые в свою очередь являются следствием геолого-тектонических условий развития нефтегазоносных бассейнов.

Стадии катагенеза органического вещества устанавливаются различными методами. Наиболее широко распространена методика оптического определения отражательной способности витринита, разработанная в СССР И. И. Аммосовым и группой ученых в 60-

70-е годы, что позволило установить взаимосвязь между нефтегазоносностью, литификацией вмещающих пород и палеотемпературами. Количественный показатель литификации осадочных пород витринита успешно применяется для решения теоретических и прикладных задач нефтяной геологии. Однако витринит отсутствует в некоторых фациальных типах органического вещества; его вообще не было в додевонских отложениях.

Параллельное изучение углей и рассеянного органического вещества Донбасса положено в основу унифицированной шкалы катагенеза [20], в которой нашла отражение и катагенетическая преобразованность спорополленина. Вопросы, связанные с изучением катагенеза органического вещества, можно решать с помощью палинологического метода.

Микрофитофоссилии все более привлекают внимание палинологов-нефтяников. Установленные закономерности изменения цвета оболочек спор и пыльцы от температурных факторов позволили использовать их в качестве индикатора катагенетических преобразований органического вещества. Следовательно, вопросы определения степени метаморфизма, имеющие важное значение в нефтяной геологии, можно решать с помощью палинологических объектов. Причем микрофитофоссилии являются наилучшим природным объектом рассеянного органического вещества для его всестороннего исследования: биологического состава, степени термической изменчивости и других параметров.

Теоретические предпосылки метода и краткая история исследований. Эскины спор в углях или осадочных породах, как считает Дж. Брукс, изменяют цвет в зависимости от степени нагревания. Поэтому степень нагревания может быть использована в качестве показателя максимальной температуры, воздействию которой подвергалась та или иная осадочная порода.

Г. Роджерс доказал связь между составом ископаемой пыльцы и спор, наличием нефти и газа и степенью нагревания вмещающих отложений. Д. Уайт установил взаимосвязь между промышленными запасами нефти и газа и изменением интенсивности нагревания осадочных пород; он считал, что наибольшую ценность для образования нефти имеют отложения, содержащие 66—77 % углерода.

Нагревание пыльцы дуба (*Quercus robur*) до 100°С в течение недели дает небольшие изменения внешнего вида зерен. Наиболее существенные изменения Дж. Брукс устанавливает (за более короткий срок) при повышении температуры до 150—200°С. Цвет пыльцевых зерен становится матовым и измерение прозрачности затрудняется. Дж. Брукс и Г. Шоу, проведя химические, биохимические и радиохимические исследования, пришли к выводу, что ископаемые оболочки спор, пыльцы и тасманитов (одноклеточные водоросли) состоят из спорополленина и что вещество оболочек современных спор и ископаемых идентично. Они высказали мысль, что спорополленин является самым обычным компонентом всех спор, устойчивых к химическому и микробиологическому распаду в период fossilization и представляет собой полимер, образу-

щийся в результате окисления каротиноидов и их эфиров. При термическом изменении спорополнения происходят два основных процесса: 1) химическая дегидратация полимера с потерей гидроксильных групп и 2) постепенное увеличение ароматизации.

Установлено, что в результате термической дегградации тасманитов, зерен пыльцы, споровых экзин и другого осадочного нерастворимого вещества (керогена) получаются продукты, аналогичные тем, которые присутствуют в сырой нефти. На этом основании сделан вывод, что спорополнение как устойчивый компонент оболочек спор и пыльцы является одним из основных источников углеводов нефти. Однако это мнение не подтверждается другими исследователями, которые ограничивают роль спорополнения в продуцировании углеводов. Вместе с тем, подчеркивается более значимая роль спорополнения как показателя степени преобразования органического вещества. Определена корреляция между цветом спор и степенью температурного воздействия на них, что позволило представить термическую историю и степень преобразованности органического вещества и использовать результаты этих исследований при прогнозировании залежей нефти и газа. В силу своей чрезвычайной устойчивости к химическим и микробиологическим воздействиям экзины спор и пыльцы длительное время остаются неизменными в осадках, когда другой биологический материал уже разрушен. Среди различных органостенных групп микрофоссилий, вносящих свой вклад в образование органического вещества осадочных пород, многие родственны водорослям и грибам, систематическое положение других неопределенно, но все они характеризуются наличием устойчивых оболочек.

В. Н. Генераловой, Л. А. Кодиной, А. В. Карякиным, И. В. Петровой в 1974 г. установлено, что в состав клеточной стенки пыльцы и спор наряду с полимером каротиноидов входит лигнин. Ими высказано предположение о том, что оба эти вещества в оболочках спор и пыльцы составляют тот устойчивый комплекс, который объединяют термином «спорополнение». Ископаемый спорополнение является частью рассеянного органического вещества. В результате термогидролитической обработки, по мнению названных исследователей, современные споры и пыльца приобретают более темный цвет. Так, пыльца сосны *Pinus silvestris* до обработки имела светло-желтый цвет, после обработки [режим обработки: 3 часа, 180°С (0,8 МПа)] цвет стал коричневым (табл. 9). Морфологическая структура зерен сохранилась. Потеря после обработки составляет 50 % и более.

Проведенные аналитические исследования позволили высказать мнение о том, что ископаемый спорополнение является продуктом вторичных преобразований (конденсации фрагментов макромолекулы лигнина и полимера каротиноидов). Исключительная устойчивость спорополнения объясняется высокой степенью его ароматичности. Наличие конденсированных ароматических систем свидетельствует о близости химической структуры ископаемого спорополнения и керогена.

Результаты термогидролитической обработки.
По В. Н. Генераловой и др. (1974 г.)

Образец	Режим обработки (МПа)	Потеря вещества после обработки (% от исходного)	Цвет образца	
			до обработки	после обработки
Пыльца сосны <i>Pinus silvestris</i> (целые зерна)	3 ч, 180 °С (0,8)	50	Светло-коричневый	Коричневый
Споры папоротника <i>Athyrium filixiemina</i> (целые зерна)	5 ч, 180 °С (0,8)	51	Коричневый	Темно-коричневый
Споры папоротника, <i>Athyrium filix—iemina</i> (фракция оболочек)	5 ч, 180 °С (0,8)	66	То же	Черный
Споры папоротника <i>Dryopteris filixmas</i> (фракция оболочек)	40 ч, 250 °С (2,9)	72	„	То же

На ранних стадиях захоронения микрофитофоссилий в осадках происходят микробиологические процессы. В результате вещества клеточного содержимого разрушаются, а оставшийся материал обогащается высокомолекулярными соединениями клеточной оболочки. На более поздних стадиях диагенеза органическое вещество оболочек подвергается воздействию повышенной температуры и давления.

Наиболее важным моментом в исследовании ископаемых микрофитофоссилий является тот факт, что изменение их цвета соответствует определенному уровню катагенеза органического вещества. Это дает основание считать микрофитофоссилии индикаторами катагенеза органического вещества.

Изучение термического преобразования (катагенеза) ископаемого палинологического материала широко стало осуществляться в 60-х годах, особенно за рубежом. К. Гутяяр в 1966 г. предложил использовать микрофитофоссилии для иллюстрирования метаморфизма органического вещества, установив связь изменения цвета и прозрачности спор, пыльцы и водорослей с тепловым диагенезом. Оболочки микрофитофоссилий (прозрачные по природе) под воздействием тепла, в процессе диагенеза, становятся желтыми, затем коричневыми и черными, непрозрачными. К. Гутяяр установил некоторые методические принципы применения палинологического метода для определения уровня катагенеза органического вещества. В частности: рекомендовалось использовать для изучения цвета микрофитофоссилий формы простого морфологического строения, имеющие широкое вертикальное распространение. Им же отмечалось, что цвет оболочек микрофитофоссилий остается неизменным при некоторых модификациях технической обработки, что вызывает сомнения у многих геологов и палинологов.

Б. Тиссо в 1971 г. приходит к выводу, что преобразование микрофитофоссилий в процессе диагенеза приводит к изменению их оптических свойств, легко наблюдаемому при помощи микроскопа. М. Коррейя в этом же году описал пять стадий сохранности и цвета всего рассеянного органического вещества и доказал, что давление и температура способствуют изменению и разрушению спорополлена микрофитофоссилий. Б. Альперн считает, что органическое вещество представляет собой прекрасный максимальный палеотермометр. Температура и время изменяют оптические свойства органического вещества, и возрастание диагенеза выражается в увеличении отражательной способности и уменьшении флюоресценции. Наиболее ярко выраженными флюоресцентными свойствами обладают компоненты группы лейптинита: кутикула, споры и др.; отмечается зависимость между цветом микрофитофоссилий и степенью их углефикации.

Ф. Стаплином и К. Евансом в 1973 г. на основании геохимических и палинологических исследований установлено три категории органического метаморфизма, способных продуцировать углеводороды, в следующей последовательности:

I — сухой газ, средняя и тяжелая нефть, II — средняя и легкая нефть плюс газ и конденсат, III — метан, сероводород.

Каждая категория органического метаморфизма, продуцирующая определенные углеводороды, характеризуется соответствующими показателями цвета и прозрачности микрофитофоссилий. Этим типам, или категориям метаморфизма, выделенным Ф. Стаплиным, соответствуют стадии метаморфизма, установленные Н. Балтешем в 1973 г. Каждая степень метаморфизма определяется морфологическими изменениями палинологического материала и цветом. По мнению Н. Балтеша, с увеличением содержания углерода, обусловленного ростом температуры, морфология микрофитофоссилий стирается, уменьшаются размеры, объем стремится принять сферические формы, цвет меняется в интервале желтый — коричневый — черный. Этот метод Н. Балтешем был применен при оценке нефтяного потенциала Румынии, Югославии и Ливана. Н. Балтеш и другие исследователи Румынии считают, что температура в процессе преобразования органического вещества в нефть играет значительную роль. Кроме того, ими сделан вывод, что абсолютная глубина залегания осадочных, вмещающих органическое вещество, пород не влияет пропорционально на цвет и прозрачность, хотя фактор времени, выраженный в возрасте пород, безусловно повлиял на «созревание» органического растительного вещества.

А. Худом и другими в 1975 г. предложена шкала для определения степени метаморфизма органического вещества в осадочных породах в зависимости от его геотермической предыстории.

Ф. Крамер и М. Диез (1975 г.) отмечают, что при помощи палинологических методов объективно, быстро и недорого определяется зрелость органических веществ в осадочных породах. Палинологические препараты содержат два морфологически и генетически связанных и взаимозависимых типа органических частиц: «аморфный

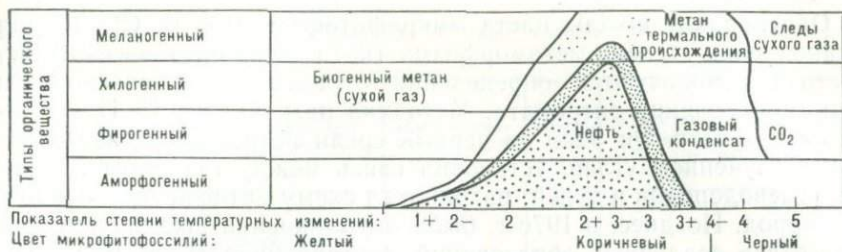


Рис. 21. Образование углеводородов. По А. Бейлису (1977 г.)

кероген» и кероген в форме отчетливых частиц — «палиноморф». «Палиноморфы» являются лучшим и часто единственным критерием для корреляции глубинных горизонтов и одновременно параметрами, связанными с обстановкой окружающей среды и образованием осадочных палеозойских и мезозойских отложений, а также более молодых осадков.

Дж. Райнольдсом и П. Робертом (1976 г.), Дж. Бьюком, М. Барсом и Г. Вильямсом (1977 г.) всесторонне использован палинологический метод для целей прогнозирования нефти и газа. Ими обоснованы классификация органического вещества, дана их характеристика. На основании классификации органического материала в осадочных формациях выделено четыре типа органического вещества, которые определяются под микроскопом в проходящем свете: аморфогенный, фирогенный, хилогенный и меланогенный. Все четыре типа органического материала при одинаковых температурных показателях принимают участие в образовании углеводородов, хотя генерируемые углеводороды имеют различный характер, в зависимости от типа органического материала (рис. 21).

К. Петерсом, Р. Ишиватари, И. Капланом в 1977 г. в лабораторных условиях проведено нагревание аморфного керогена для определения соотношений между зрелостью органического вещества и изменением цвета керогена в интервале времени и температур. Сопоставление цвета аморфного керогена с элементным составом и различными шкалами зрелости органического вещества дает возможность экстраполяции данных лабораторного нагревания незрелого керогена до зрелого с тем, чтобы делать выводы относительно изменения температур и потенциала нефтематеринских пород.

С. Сенгута в 1980 г. в результате экспериментальных исследований созревания органического вещества на примере современных спор *Lycoperidaceae*, также как В. Н. Генералова, Л. А. Кодина и другие исследователи (1974 г.), установила постепенное усиление температурного воздействия на споры (от 100° до 300°), проявившееся в изменении цвета спор от серого до темно-коричневого и уменьшении почти в два раза их объема. А. Баттен в 1980 г. на примере микрофитофоссилий из мезозойских отложений Англии показал возможность определения степени зрелости органического вещества, указывающего на потенциальный источник нефти.

Обоснование шкалы цвета микрофитофоссилий. В СССР для установления степени метаморфизма (катагенеза органического вещества) используются определения отражательной способности мелких включений витринита. Методика разработана И. И. Аммосовым в 1961 г. Он один из первых среди петрографов, занимающихся изучением углей, установил связь между тепловым генезисом углеводородов и углей; разработал схему литификации осадочных пород. Позднее, в 1976 г. была опубликована шкала градаций катагенеза осадочных образований, составленная Н. Б. Вассоевичем, С. Г. Неручевым и др. К этим шкалам производится привязка определений уровня катагенеза, определенного различными методами. Органическое вещество осадочных пород разнообразно по исходному материалу и результатам изменения его в процессах литогенеза. При наличии разнообразия органического вещества в одном и том же образце керна очевидны трудности интерпретации результатов геохимических методов исследования, с помощью которых анализируют рассеянное органическое вещество в его совокупности. По тем же причинам могут возникнуть неточности по данным анализа витринита. Нельзя исключить его возможное преотложение. К тому же далеко не все осадочные породы содержат витринит. Изучение катагенеза органического вещества с помощью палинологического метода может значительно дополнить и расширить информацию получаемую по витриниту, а для пород, не содержащих витринит или там, где его определение не производится, может быть единственным источником достоверных знаний о степени преобразованности органического вещества. Для определения уровня катагенеза органического вещества с помощью палинологических объектов используются продукты мацерации, подготовленные к аналитическим исследованиям стандартной методикой технической обработки образцов.

Как уже было отмечено выше, К. Гутняр в 1966 г. обосновал устойчивость микрофитофоссилий к различным химическим реагентам. Однако у многих геологов и палинологов возникают опасения в отношении возможного изменения цвета микрофитофоссилий от применения различных кислот и щелочей, используемых при технической обработке. С целью разрешения этого вопроса нами была проведена экспериментальная мацерация с использованием различных химических реагентов (азотная кислота, щелочи, пергидроль). Причем мацерация одних и тех же образцов проводилась параллельно в двух лабораториях: ИГиРГИ и ЗапСибНИГНИ (под руководством Т. Г. Семочкиной). Результаты экспериментальной мацерации подтвердили многолетние наблюдения: различные химические реактивы при использовании традиционного метода технической обработки не оказывают существенного влияния на цвет микрофитофоссилий. В табл. 10 отражены результаты этого эксперимента на примере мезозойских образцов из Семаковской скважины № 51 Западной Сибири. Таким образом, в любой палинологической лаборатории, где производится техническая обработка образцов на спорово-пыльцевой анализ для биостратиграфических

Цвет микрофоссилий при различных методах технической обработки породы (Семаковская скв. № 51)

№ образца	Интервал (м)	Химические реагенты, используемые при технической обработке образцов	Цвет микрофитофоссилий	Индекс изменения цвета	Характеристика рассеянного органического вещества по мацерату
14	2675—2684	Пирофосфорнокислый натрий и HNO_3	Темно-желтый	4	Древесный тип; много углистых, черных частиц и мелких фрагментов растительных тканей желто-коричневого и коричневого цвета; много деформированных зерен, особенно пыльцы хвойных; сетка на воздушных мешках стершаяся; экзина часто нарушена, отслойка в виде неровных углублений от 1—2 до 4—5 различной формы
		H_2O_2			
		ОН			
		HNO_3			
9	2548—2554	Пирофосфорнокислый натрий и HNO_3	Темно-желтый	4	Древесный тип; много углистых, черных частиц и мелких фрагментов растительных тканей желто-коричневого и коричневого цвета; много деформированных зерен, особенно пыльцы хвойных; сетка на воздушных мешках стершаяся; экзина часто нарушена, отслойка в виде неровных углублений от 1—2 до 4—5 различной формы
		H_2O_2			
		H_2O_2			
5	2548—2540	Пирофосфорнокислый натрий и HNO_3	Темно-желтый	4	Древесный тип; много углистых, черных частиц и мелких фрагментов растительных тканей желто-коричневого и коричневого цвета; много деформированных зерен, особенно пыльцы хвойных; сетка на воздушных мешках стершаяся; экзина часто нарушена, отслойка в виде неровных углублений от 1—2 до 4—5 различной формы
		H_2O_3			
		HNO_3			

исследований, эти же образцы можно использовать для определения степени метаморфизма органического вещества. С целью разработки шкалы цвета микрофитофоссилий, прошедших различную термальную историю, было проведено исследование цвета микрофитофоссилий из различных стратиграфических уровней нефтегазоносных мезозойских отложений Западной Сибири, Кавказа, Мангышлака и кайнозойских — Сахалина. Благодаря полученному материалу подтверждены основные результаты исследований зарубежных палинологов. Эти исследования позволили детализировать цветовые различия микрофитофоссилий и установить семибальную шкалу изменений цвета (ИЦМ), обосновав ее сравнением с данными отражательной способности витринита и результатами измерения абсорбции микрофитофоссилий.

Для определения степени метаморфизма органического вещества определяется цвет спор, пыльцы и микрофитопланктона. По цвету устанавливается индекс изменения цвета микрофитофоссилий. Цвет определяется по шкале (табл. 11): бесцветный с зеленоватым оттенком — 2; желтый и оранжевый (иногда с красноватым оттенком) — 3, темно-желтый с коричневатым оттенком — 4, светло-коричневый — 5, коричневый до черно-коричневого — 6, черный — 7. Для более правильного определения цвета подбираются компоненты из числа спор и пыльцы, имеющих простое морфологическое строение, относительно тонкую экзину и широкое вертикальное распространение (*Leiotriletes*, *Classopollis*, *Dissacites*, *Taxodeaceae*, *Betulaceae* и т. д.). В случае отсутствия спор и пыльцы можно определять изменение цвета микрофитофоссилий по зернам микрофитопланктона по тому же принципу (*Leiospheridia*, *Inaperturpollenites*).

Как правило, цвет микрофитофоссилий и всего органоматериала (кроме углистых частиц, которые всегда имеют черный цвет) однороден. Более интенсивный цвет имеют формы с толстой экзиной (*Cicatricosisporites*, *Duplexisporites* и др.). В случае смешанного цвета микрофитофоссилий, иногда в препарате одни и те же компоненты имеют различный цвет, устанавливается индекс по менее интенсивному. Смешанный состав микрофитофоссилий по метаморфизму можно объяснить локальными, незначительными по возрасту перерывами и переотложением значительного количества однотипных форм имеющих широкое вертикальное распространение, а потому не влияющих на определение возраста отложений. Исследования проводились на отложениях юры Западной Сибири (Чуэльская, Радомская, Сюнай-Солинская, Лыхминская, Леушинская, Ханты-Мансийская, Губкинская, Тазовская, Октеурьевская, Вездеходная, Мартовская, Калиновая, Кулын-Игольская и другие площади). Под обычным биологическим микроскопом определялся цвет и прежде всего из тех же интервалов, которые были охарактеризованы данными отражательной способности витринита (И. И. Аммосов, В. И. Горшков, В. И. Ермаков, Н. Н. Немченко).

При сравнении цветовых индексов, а также других выше названных показателей выявилось их своеобразие для различных ча-

Определение степени метаморфизма (катагенеза) органического вещества по изменению цвета микрофитофоссилий

Стадия литификации осадочных пород палеотемпературы и нефтеносность. (по И. И. Аммосову, 1979 г.)					Шкала градаций катагенеза осадочных образований (по С. Г. Неручеву, Н. Б. Васосевичу, Н. В. Лопатину и др., 1976 г.)				Шкала градаций цвета микрофитофоссилий (по Л. В. Ровниной, 1980 г.)			
Нефтегазоносность	Стадия	ОС вп- риш- та по	Палео- темпе- ратура °С	Ориенти- ровочная глуби- на (км)		Стадия и под- стадия лито- генеза	Града- ция	R ⁰ , %	Фазы нефте- газоносности	Индекс измене- ния цвета микро- фито- фосси- лий	Цвет микрофитофоссилий	
				min	max							
Не содержит залежей нефти	01	58	-50			Диагенез (ДГ)	ДГ	0,25		1	Бесцветный с зеленоватым оттенком	
Основные и небольшие промышленные залежи	02	63	-100	1	3	Протокатагенез (ПК)	ПК ₁	—	—	2	Светло-желтый с зеленоватым оттенком	
	03	68								3	Желтый и желто-оранжевый с красноватым оттенком	
	I	73								-150	2	6	Мезокатагенез (МК)	МК_{1}	0,5	Главная фаза нефтеобразования	4	Темно-желтый с коричневым оттенком
	II	81	МК ₂	0,65	5	Светло-коричневый до коричневого						
	III	89	МК ₃	0,85	6	Темно-коричневый						
	IV	95	-200	МК ₄			1,15					
	V	104	МК ₅	1,55								
	Редкие непромышленные залежи нефти, значительные месторождения газа	VI	112		3	9	Апокатагенез (АК)	АК ₁	2,0	Главная фаза газообразования	7	Черный

стей региона. Наиболее интенсивным цветом (до коричневого) характеризуются микрофитофоссилии на площадях Тазовской, Губкинской, Ай-Пимской, Нялинской. Эта характеристика хорошо согласуется с метаморфизмом рассеянного органического вещества тюменской свиты по результатам определения отражательной способности витринита. По отражательной способности зона максимального метаморфизма рассеянного органического вещества отмечается также в пределах Губкинской площади и простирается на юго-запад в пределах Красноленинского вала и Салымского поднятия. От этой зоны к бортам Западно-Сибирской низменности уровень катагенеза рассеянного органического вещества значительно ниже, что устанавливается по менее интенсивному цвету микрофитофоссилий (до светло-желтого в Чуэльской, Шаимском и Тюменском районах и темно-желтого на Омбинской, Охтеурьевской, Вездеходной и других площадях) и низкими значениями отражательной способности витринита. Уровень катагенеза органического вещества в отложениях верхней юры по отражательной способности витринита меняется по направлению к центру Западно-Сибирской плиты, что отвечает стадиям преобразования углей от бурых до газовых. Цвет микрофитофоссилий в отложениях поздней юры также не одинаков. Более детально анализировался цвет микрофитофоссилий волжских битуминозных отложений, тутлемской и баженовской свит (Чуэльский, Шаимский, Тюменский, Салымский, Омбинский и другие районы). Анализ полученных данных показывает резкое усиление степени метаморфизма микрофитофоссилий (более темный цвет) в районе Ханты-Мансийска и особенно Салыма. К этой части низменности приурочена минимальная насыщенность образцов микрофитофоссилиями. Они единичны и обычно считаются «немыми». Характерно различие микрофитофоссилий северо-западных и юго-западных разрезов. Последние отличаются наилучшей насыщенностью, сохранностью зерен и более светлым (желтым и светло-желтым с зеленоватым оттенком) цветом микрофитофоссилий. Визуальные наблюдения за цветом микрофитофоссилий дали хорошие результаты при сопоставлении их с данными абсорбции.

Интересными оказались данные, полученные при сравнении индексов изменений цвета микрофитофоссилий по всей толще юрских отложений. Так в разрезе Омбинской скважины № 1 в отложениях 100-метровой толщи тюменской свиты цвет микрофитофоссилий преимущественно темно-желтый с коричневым оттенком, оцениваемой по шкале изменений цвета микрофитофоссилий индексом 4. Микрофитофоссилии представлены спорами и пылью наземных растений, микрофитопланктон — единичными зернами. Вышележащие битуминозные отложения содержат единичные споры и пыльцу, цвет которых резко отличается от таковых пород тюменской свиты значительно меньшей интенсивностью (светло-желтый с зеленоватым оттенком). Индекс изменения цвета микрофитофоссилий равен 2. Среди микрофитофоссилий преобладает микрофитопланктон. Споры и пыльца представлены единичными зернами. В разрезе

Омбинской скважины № 1 по составу спор и пыльцы установлен перерыв в осадкообразовании: отложения нижней юры перекрываются осадками верхней (волжского возраста). Этот перерыв фиксируется и по резкой смене индексов изменения цвета микрофитофоссилий. Степень катагенеза, определенная по цвету микрофитофоссилий, согласуется также с количественными изменениями абсорбции (интенсивности света, проходящего через экинус спор). Измерение абсорбции производилось В. И. Ручновым по тем же препаратам и объектам на регистрирующем микроспектрофотометре, собранном из стандартных блоков. Корреляция качественных и количественных исследований дала хорошие результаты.

Аналогичные комплексные исследования проведены и по Кавказу В. И. Ручновым, И. А. Назаревич, С. Б. Смирновой в 1978 г. Сопоставление цвета микрофитофоссилий с данными отражательной способности витринита и абсорбции позволило не только обосновать шкалу цвета микрофитофоссилий (см. табл. 11), но и увязать ее со шкалой литификации И. И. Аммосова (1969, 1979 гг.) и шкалой катагенеза С. Г. Неручева, Н. Б. Вассоевича, Н. В. Лопатина (1976 г.). Аналогичные сопоставления цвета микрофитофоссилий и данных отражательной способности витринита проведены также по северо-западу Туранской плиты.

Заслуживают внимания комплексные исследования цвета спор, пыльцы и конодонтов, используемые для определения стадий катагенеза, проведенные М. А. Петросьянц, Н. С. Овнатановой в 1983 г. Преимущество микрофитофоссилий — широкий стратиграфический диапазон их распространения и возможность применения для оценки метаморфизма рассеянного органического вещества там, где максимальные температуры не превышали 200°. Использование конодонтов возможно для определения графитовой степени метаморфизма (температура более 500°), но их распространение охватывает более узкий стратиграфический диапазон (кембрий — триас). Вполне очевидным является полезность комплексного использования микрофитофоссилий и конодонтов для наиболее полного освещения степени катагенеза.

Цвет микрофитофоссилий используется в нефтяной геологии для относительного определения содержания связанного углерода в породе. Установлено, что в длиннопламенных углях связанного углерода содержится 50—60 %, в газовых или жирных 60—70 %. Цвет спор соответственно меняется от желтого до коричневого и от темно-коричневого до черного. Эти данные, как и степень катагенеза, способствуют определению нефтегазоносного потенциала исследуемых отложений.

Интересными для дальнейшего внедрения описываемой методики являются комплексные исследования оптического и физико-химического определений степени катагенеза нерастворимого органического вещества. Л. В. Ровниной и Р. А. Твердовой в 1981 г. исследованию подвергался один и тот же кероген, полученный в результате обогащения образцов на палинологический анализ. В образцах керогена (юрских отложений Западной Сибири), исследо-

ванных палинологическим методом, определялось содержание углерода, водорода, азота, серы и кислорода, а также зольных компонентов неорганической составляющей. Элементный состав концентрата нерастворимого органического вещества определялся на элементном анализаторе фирмы Перкин—Элмер (С, Н, N). Кроме того, изучались инфракрасные спектры керогена на спектрометре. Всего такому комплексному исследованию было подвергнуто 50 образцов концентратов нерастворимого органического вещества. Комплексно проводилось определение не только катагенеза но и исходного типа органического вещества. В качестве примера рассмотрим результаты исследований из разреза юрских отложений скв. 520 Пунгинской площади. В нижней части разреза (интервал 1767—1731 м) органическое вещество гумусового типа, невысокой стадии катагенеза. Тип органического вещества характеризуется обилием углистых частиц в палинологических препаратах, отсутствием зерен микрофитопланктона. О сравнительно низкой стадии метаморфизма (катагенеза) органического вещества ($ПК_3—MK_1$) свидетельствуют светло-желтый цвет микрофитофоссилий, довольно высокие отношения Н:С (от 1,02 до 0,79) и низкие $S_{\text{атомарное}}$ (0,55—0,68). При низком количестве углерода отмечается высокое содержание водорода (до 4,9). О гумусовом характере исходного органического вещества сравнительно невысокой стадии катагенеза свидетельствует также качественный и количественный состав газообразных и жидких углеводородов, выделяющихся в результате термовакuumной дегазации. Примечательно, что в интервале 1767—1762 м по палинологическим данным установлено значительное переотложение микрофитофоссилий, характеризующихся плохой сохранностью и более высокой катагенетической преобразованностью (MK_2). Этот же факт подтверждается анализом элементного состава. Если по углероду вырисовывается низкая стадия метаморфизма, то уменьшение доли водорода в элементном составе, а также значительное снижение отношения Н: $S_{\text{атомарное}}$ свидетельствуют о влиянии вторичных факторов на его изменение. Выше по разрезу, в интервале 1734—1726 м как по составу микрокомпонентов керогена (наличие зерен микрофитопланктона и фрагментов водорослевых талломов), так и по элементному составу (содержание водорода=5,1 и отношение Н: $S_{\text{атомарное}}$ =1) исходное органическое вещество может быть отнесено к типу сапрогуманитов. По цвету микрофитофоссилий (бледно-желтый с зеленоватым оттенком) и их хорошей сохранности степень метаморфизма органического вещества соответствует стадиям $ПК_{1-2}$. На основании анализа элементного состава керогена в этом интервале установлено снижение метаморфизма органического вещества до стадии $ПК_{1-2}$ ($S_{\text{атомарное}}$ =0,55). Следует отметить, что по скв. 6 Филипповской площади выполнены контрольные анализы концентратов керогена из двух интервалов. Кероген из этих интервалов отличался обработкой породы соляной и плавиковой кислотами, в результате чего содержание золы уменьшилось до 15%. Повторно определенный элементный состав керогена дал идентичные результаты. Эти дан-

ные подтверждают возможность использования концентратов керогена, полученного палинологическим методом для анализа его физико-химической характеристики. Кроме того, этот эксперимент еще раз показывает, что некоторое варьирование с применением кислот не оказывает влияния на цвет микрофитофоссилий.

Приведенный анализ корреляции данных палинологических исследований с данными, полученными физико-химическим методом, показывает объективность и надежность оптического определения катагенеза палинологическим методом, его экспрессность и доступность.

ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ

«Информационный взрыв» в палинологии заставляет обращать к современным методам сбора, хранения и поиска информации. При разработке информационно-поисковых систем (ИПС) принимается во внимание: стандартизация регистрации получаемых результатов, сбор публикаций, механизация процедуры информационного поиска и, наконец, применение математического аппарата и электронно-вычислительных машин при обработке результатов палинологических исследований.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ

В практике палинологических работ исследователи в качестве первичного рабочего документа на каждый образец производят запись в рабочей тетради (журнале) или карточке, где указывают место взятия образца, его привязку к геологическому разрезу, состав породы, видовой состав спорово-пыльцевого спектра образца с подсчетом количественного содержания отдельных видов и делают заключение о возрасте пород, вмещающих рассматриваемый спектр. Серия таких карточек или записей в рабочем журнале по скважине или району служит палинологу фактическим материалом для дальнейших выводов и заключений.

С целью стандартизации регистрации результатов спорово-пыльцевого анализа, а также для единообразного оформления результатов наблюдения рядом палинологов предлагался метод анкетирования каждого образца с применением бланков-перфокарт [1, 8, 24].

К. Е. Аристовой был составлен макет перфокарты для регистрации фактического материала при изучении пыльцы покрытосеменных и микропланктона из эталонных разрезов эоцена — олигоцена Крыма, Северного Кавказа и Северного Приаралья. Для систематизации данных были применены перфокарты с двухрядной краевой перфорацией типа К-5, позволяющие произвести кодирование большого числа признаков.

М. В. Ошуркова [24] предлагает макет перфокарты, предназначенной для регистрации результатов палеопалинологического ана-

лиза. В качестве носителя информации выбрана перфокарта К-5 с двухрядной краевой перфорацией, позволяющая сортировку с помощью спиц ручным или механическим способом. Приведем пример бланка-перфокарты палеопалинологического описания.

Для географической и геологической привязки указываются: район работ, номер скважины (обнажения), номер образца, глубина взятия образца в метрах, номер лабораторного препарата, наименование свиты, интервал угольных пластов (или пластов известняка), геологический возраст.

Для литолого-фациальной характеристики указываются: литологический состав, фациальная обстановка, характер содержащейся в слое фауны, положения слоя относительно угольного пласта (или пласта известняка), положение слоя в седиментационном цикле.

В палеопалинологической характеристике по каждому образцу фиксируются следующие признаки:

1) видовой состав спор, пыльцы и мегаспор (запись видовых определений, подсчет экземпляров отдельных видов и вычисление их процентного соотношения производится на обратной стороне бланка);

2) сохранность спор и пыльцы (целые прозрачные экземпляры — хорошая, надтреснутые, полупрозрачные, со следами минералогической кристаллизации оболочек — удовлетворительная, споры и пыльца в виде обломков или обрывков или темные и с трудом определяемые — плохая);

3) цвет спор и пыльцы (светло-желтый, темно-желтый, коричневый, темно-коричневый, черный);

4) насыщенность продуктов мацерации (мацерата) спорами и пыльцой, т. е. обилие последних (подсчет выполнен до 200 экземпляров и более — много, подсчет возможен до 100—150 экземпляров — средне, подсчет ограничен 25—50 экземплярами — мало, подсчет невозможен — единично, полное отсутствие спор и пыльцы — нет);

5) насыщенность мацерата фрагментарными элементами растительного происхождения (фрагменты проводящих и покровных тканей, обрывков мегаспор, фюзенизированные и витренизированные элементы), наличие фито- и зоопланктона, присутствие минеральной примеси (степень насыщенности определяется визуально в поле зрения — много, средне, мало).

В бланк палеопалинологического описания вносится также название типа фитоориктоценоза, установленного в результате комплексного изучения макро- и микроскопических остатков растений. Указывается доминирование спор и пыльцы растений определенных систематических типов и экологических групп. Отмечаются признаки, отражающие особенности спорово-пыльцевых спектров по составу (спектры состоящие из спор, из пыльцы, содержащие мегаспоры, содержащие фито- и зоопланктон).

Наконец, в бланке-перфокарте указывается год отбора образца, в какой организации и кем выполнен сбор, а также год проведения

спорово-пыльцевого анализа и в какой организации и кем выполнено палеопалинологическое описание. Свободное от записей поле бланка-перфокарты может быть использовано для нужных зарисовок или фотографий спор и пыльцы.

Принципы, положенные в основу рассмотренного бланка-перфокарты, являются общими, но в зависимости от региона и геологического возраста исследуемого объекта могут быть изменены кодируемые списки видов спор и пыльцы.

Создание базы палинологических данных на предмашинных носителях было осуществлено также и в Западно-Сибирском научно-исследовательском геологическом нефтяном институте (ЗапСибНИГНИ). Здесь на огромном фактическом материале из отложений мезозоя Западно-Сибирской равнины была разработана информационная поисковая система «Палинология», состоящая из двух массивов данных [8]: 1) данные спорово-пыльцевого анализа, 2) данные описания индивидуума спор и пыльцы. В качестве носителя информации выбрана карта с краевой перфорацией формата К-1.

Данные спорово-пыльцевого анализа. Поисковый массив разбивается на четыре блока:

1) адресная привязка анализируемого образца к технологическим объектам (площади, скважине, интервалу отбора образца);

2) привязка образца породы к геологическому объекту; указываются предварительные данные о возрасте геологического тела, из которого взят образец, а также тип тела по региональной и местной унифицированной схеме (наименование горизонта, свиты, пласта); здесь же заносится возраст геологического тела, определенный по результатам спорово-пыльцевого анализа рассматриваемого образца;

3) объекты описания и их свойства; записываются две группы объектов, которые фиксируются в мацерате: основные (споры, пыльца, акритархи) и вспомогательные (диатомовые водоросли, спиккулы губок, детрит, фауна); указываются также такие признаки, как цвет, сохранность, насыщенность; при возможности фиксируется палеоклимат, палеоландшафт, на которые может указывать состав спорово-пыльцевого спектра; при наличии данных по степени катагенеза органического вещества, содержащегося в оболочках спор и пыльцы, приводятся и эти сведения;

4) таксономия спорово-пыльцевого спектра; в таблицу заносятся видовые наименования обнаруженных спор и пыльцы, а также указывается их принадлежность роду, семейству, классу, типу, царству и классификации, на основе которой выделены таксоны; количественные соотношения отражены по схеме: количество экземпляров, процентное соотношение количества экземпляров с суммой зерен спор или пыльцы или с общим количеством спор и пыльцы, или с суммой всех зерен, встреченных в мацерате.

Данные описания индивидуума. Поисковый массив представляется из документов (перфокарт), составленных на каждый индивидуум, и содержит данные, описывающие споры и пыль-

ду с точки зрения микроскопического и молекулярного уровня исследований.

Кодирование данных проводится с помощью рейтеров (цветных фишек). Кодовая карта представляет собой матрицу (14×12), элементы столбцов которой соответствуют определенным однородным, взаимоисключающим наборам признаков, кодируемых одинаковыми цветами (зеленым, черным, красным, коричневым, серым, белым, желтым, оранжевым, розовым, фиолетовым, синим и голубым).

Как показывает анализ рассмотренных бланков-перфокарт, они служат одной и той же цели—стандартизации и унификации формы описания спорово-пыльцевых спектров. Анкетирование позволяет представлять описание в дискретной форме: на каждый образец, подвергающийся спорово-пыльцевому анализу, составляется отдельная анкета в единообразной форме. Таким образом накапливается и постоянно пополняется массив бланков-перфокарт.

Использование перфокарт с краевой перфорацией обеспечивает удобство быстрого поиска по всему массиву любых признаков, зафиксированных на перфокартах. Стандартизированная и унифицированная форма палеопалинологических описаний, сделанных различными исследователями, обеспечивает преемственность и сравнимость всего фактического материала. Обработка массивов перфокарт значительно повышает эффективность работ по систематизации и обобщению наблюдений, а главное—выявлению различных корреляционных признаков между собой. Организация логической структуры данных на предмашинные носители предусматривает переход к созданию технического носителя и автоматизации информационного поиска с помощью электронно-вычислительных машин (ЭВМ). В связи с этим в предмашинной системе уже заложены логика и код, позволяющие перейти к подготовке данных для ЭВМ без промежуточных таблиц.

СБОР БИБЛИОГРАФИЧЕСКОЙ И ФАКТОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Массив бланков-перфокарт информационно-поисковой системы (ИПС) практически является основой фактографической ИПС по палинологии. Вместе с тем наличие огромного количества палинологических публикаций, объем которых возрастает из года в год, требует от исследователей создания удобных и исчерпывающих систем для поиска необходимой информации.

По мнению Э. Р. Глузбара [7], на современном научном уровне каждый палинолог должен иметь индивидуальную информационно-поисковую систему, которая состояла бы из следующих поисковых массивов: массива опубликованных работ, массива бланков морфологических описаний спор и пыльцы известных видов и массива бланков регистрации результатов спорово-пыльцевого анализа. Совершенно ясно, что чем обширнее эти массивы, тем большую ценность будет представлять информационно-поисковые системы. Каж-

дая палинологическая лаборатория в Советском Союзе должна иметь информационно-поисковую систему, включающую данные по каждой геологической системе в отдельности.

Поисковый массив публикаций состоит из перфокарт, на которых приводятся рефераты работ. При этом на краях перфокарты кодируются библиографические сведения и основные данные по теме работы (приведено описание новых видов, использованы уже известные виды, дана синонимика и составлено переописание вида, рассмотрены стратиграфические или палеогеографические вопросы и т. д.). Использование массива публикаций дает возможность палинологу достаточно быстро и надежно определить диапазон географического и геологического распространения интересующего таксона, выявить палинологическую изученность конкретного региона, получить спорово-пыльцевую характеристику определенного стратиграфического подразделения и т. д.

Поисковый массив морфологических описаний спор и пыльцы состоит из перфокарт, содержащих видовые описания. На краях перфокарты кодируются наименование рода и вида, сведения об источнике его установления и основные морфологические признаки спор и пыльцы (форма, размер, тип щели разверзания, строение оболочки, наличие и характер скульптуры экзины и т. д.). Подобный массив позволяет палинологу производить видовые определения, пользуясь им как атласом-определителем. Вместе с этим сведения, заключенные в массиве, дают возможность более всесторонне проследить синонимичку отдельных видов, выявить морфологическое своеобразие или сходство между видами, установить видовое разнообразие конкретного рода, проследить диапазон морфологической изменчивости его видов и т. д.

Поисковый массив бланков регистрации результатов спорово-пыльцевого анализа состоит из анкет-перфокарт, содержащих фактический материал анализа конкретного образца, т. е. характеристику спорово-пыльцевого спектра. Варианты составления перфокарт для таких массивов уже были рассмотрены. Сведения, заключенные в них, могут быть использованы при сравнении состава спор и пыльцы исследуемого образца с ранее изученными, при выполнении возрастной датировки полученного спорово-пыльцевого спектра, при уточнении диапазона распространения по разрезу отдельных видов и при решении ряда других вопросов.

Степень результативности использования каждого из массивов, скорость поиска информации, полнота и точность ее выдачи зависят от объема закодированных сведений и от способа процедуры поиска. До сих пор мы рассматривали использование информационно-поисковой системы непосредственно самим специалистом палинологом. Однако быстрый рост массива документов, в котором необходимо производить информационный поиск, а также рост количества и сложности решаемых научно-производственных задач делают необходимым переход к механизации процедуры информационного поиска, к использованию в этих целях ЭВМ. Прежде чем перейти к рассмотрению автоматизированных информационно-по-

исковых систем, необходимо заострить внимание исследователей еще на одной из форм позиционных систем, а именно на политомическом подходе к разработке информационных систем.

Впервые политомические таблицы в палинологии были предложены А. Н. Олейниковым и А. А. Ялышевой [23] для диагностики ископаемых спор и пыльцы. Ими была показана принципиальная возможность использования политомического метода, рассмотрены общие принципы построения диагностических политомических таблиц, раскрыты преимущества этого метода в идентификации таксономических категорий и в установлении видовой принадлежности ископаемых спор и пыльцы. Основное преимущество метода заключается в том, что с его помощью диагностические признаки могут быть представлены во взаимоисключающей форме, а морфологическая характеристика вида дана в виде формализованных цифровых символов (т. е. кодовым словом). Вместо традиционного словесного описания морфологических особенностей того или иного вида дается одно или несколько кодовых слов, характеризующих вид [22]. Видовое определение с помощью политомических таблиц производится путем совмещения кодового слова для определяемого объекта с одним из кодовых слов в таблице, при этом поиск идентичного кодового слова производится визуально. Однако всю информацию политомических таблиц можно перенести на перфокарты ручного или машинного поиска, а при необходимости подготовить и переход на поиск при помощи ЭВМ.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ И ПОИСКА ИНФОРМАЦИИ

Первоначально были созданы информационно-поисковые системы на уровне предмашинных носителей информации, но с ростом палинологической информации все насущнее встает задача перевода хранения и поиска ее на ЭВМ.

Создание автоматизированных информационно-поисковых систем шло по двум направлениям. Были созданы документографические информационно-поисковые системы (ДИПС), которые включают описания документов (палинологических публикаций) и выполняют их поиск, т. е. фактически являются справочными библиографическими системами. Кроме таких систем, еще были созданы фактографические информационно-поисковые системы (ФИПС), производящие накопление палинологических данных и их выдачу, т. е. позволяющие отыскивать информацию о необходимых фактах и выполнять тем самым диагностические работы. Наконец, на базе этих систем может быть создана информационно-логическая система (ИЛС), предназначенная для алгоритмического получения новой информации из некоторой исходной. К такому типу систем относится впервые в Советском Союзе созданная система «Палинолог».

Информационно-логическая система «Палинолог» разработана и введена в эксплуатацию в Якутском государственном универси-

тете Н. Г. Пашкевич [28]. В этой системе накоплена информация из многих атласов, монографий и разного рода публикаций, а также из оперативной производственной документации. Данные, введенные в систему, подвергаются обработке по определенной программе (алгоритму или нескольким вариантам алгоритмов). Они могут быть заменены и дополнены новыми данными. Начальный (базовый) массив данных информационно-логической системы «Палинолог» включает описание около 1500 видов девонских спор всего земного шара и около 500 видов каменноугольных и пермских спор и пыльцы Ангариды, описания 25 эталонных спорово-пыльцевых комплексов из отложений девона, карбона и перми, а также около 500 библиографических документов. Система реализована в целом на ЭВМЕС-1020, вместе с тем для решения некоторых задач могут быть использованы отдельные части системы, реализация которых возможна и в ручном варианте решения. Система «Палинолог» состоит из трех подсистем: «Библиография», «Таксономия», «Стратиграфия». Все подсистемы включают базу данных, обслуживающие и обрабатывающие программы, технические средства хранения информации.

Подсистема «Библиография» хранит данные опубликованных работ. Поиск искомого документа ведется по фразам, составленным из ключевых слов.

Подсистема «Таксономия» содержит унифицированные данные по номенклатуре и морфологии спор и пыльцы, представленные в форме политомических таблиц. Данные представляются в виде иерархической структуры следующих уровней: инфратурма, род, главный вид, синонимы вида. Ввод информации и ее поиск осуществляются по инфратурмам. Эта подсистема выполняет роль информационно-справочной и информационно-диагностической системы.

Подсистема «Стратиграфия» хранит данные о палинологической характеристике отдельных стратиграфических подразделений, представленные в виде матриц. Оперативными единицами таких матриц являются стратиграфические подразделения (отдел, ярус, горизонт, слой). Все введенные в систему и хранящиеся в ее «памяти» комплексы, возраст которых определен достаточно надежно, являются эталонными. Комплексы, возраст которых следует определить, рассматриваются как рабочие. Возможность использования ЭВМ для обработки палинологических данных позволяет сравнивать весь таксономический состав рабочего и эталонного комплексов с учетом стратиграфического значения видов. Задача определения спорово-пыльцевого спектра представляется реализацией диагностических функций подсистемы «Стратиграфия», тогда как получение рабочего комплекса, определение его возраста и решение задачи корреляции — уже логической функцией.

Таким образом, информационно-логическая система «Палинолог» позволяет определять возраст отложений по палинологическим данным с помощью современных методов математики, а также выполняет роль справочника и определителя. При этом информационно-справочные функции осуществляются всеми тремя под-

системами, а информационно-логические — только двумя подсистемами: «Таксономия» и «Стратиграфия». В результате информационно-логической функции в системе происходит постепенное накопление новой информации, непосредственно в нее не введенной. Рассмотренная система уже нашла успешное применение в практике палинологической лаборатории Якутского территориального геологического управления и заслуживает более широкого внедрения в производство спорово-пыльцевого анализа в других учреждениях геологической службы нашей страны. Однако необходимо обратить внимание на тот факт, что использование информационно-логической системы «Палинолог» для определительских работ, для видовой диагностики конкретного экземпляра ископаемых спор или пыльцы (подсистема «Таксономия») вряд ли является эффективной. Думается, что палинолог, владеющий профессиональными знаниями, может выполнять видовые определения с достаточным эффектом в затрате рабочего времени и в степени достоверности определения. Видимо, эта операция тогда заслужит перевода на машинное решение, когда в информационно-логическую систему, снабженную микроскопом, можно будет непосредственно ввести палинологический препарат и получить ответ о составе спорово-пыльцевого спектра. Но пока — это дело будущего. Заслуживающими внимания и использования в производстве представляются возможности информационно-логической системы «Палинолог» в областях накопления библиографических данных (подсистема «Библиография»), каталогизации видовых описаний (подсистема «Таксономия») и решения стратиграфических задач (подсистема «Стратиграфия»).

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ СТРАТИФИКАЦИИ И КОРРЕЛЯЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ И ЭЛЕКТРОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН

В процессе биостратиграфических исследований палеонтологу постоянно приходится выполнять большое число сопоставлений по множеству показателей. Так, палинологи сравнивают спорово-пыльцевые спектры образцов по разрезу, спорово-пыльцевые комплексы разных разрезов и т. д. При этом сравнение проводится с анализом видового состава, с учетом количественного содержания отдельных видов или родов, с определением соотношений между различными группами микрофоссилий и т. п. Для выполнения таких работ с привлечением методов математической статистики было предложено проводить начисление коэффициента общности по формуле Жаккара: $K = p \cdot 100 / (N_1 + N_2)$, где K — коэффициент общности (в %), p — число видов, общих для двух спектров (комплексов), N_1 — число видов в первом спектре, N_2 — число видов во втором спектре. По величине коэффициента общности можно с большей объективностью выполнять объединение ряда спектров в единый спорово-пыльцевой комплекс и проводить сравнение. Однако, как показывает опыт, применение статистических методов представля-

ется достаточно трудоемким и поэтому целесообразно использование этих методов с привлечением ЭВМ к обработке фактического материала.

Как уже отмечалось, одним из направлений автоматизированной обработки палеопалинологических данных является создание информационно-поисковых систем, в которых данные предварительно накапливаются, а затем анализируются. Наряду с этим существует другое направление, позволяющее проводить обработку палинологических данных путем введения их в ЭВМ непосредственно перед работой по определенной программе. В связи с этим нами будет рассмотрено несколько примеров решения задач стратификации и корреляции по палинологическим данным с применением методов математической статистики и ЭВМ.

А. Н. Олейников [21] подробно описывает один из первых опытов машинной обработки палеопалинологических данных, осуществленный палинологами и математиками в содружестве с нефтяной компанией Мэнэ Гранда (Венесуэла). По предложенной ими программе, которая реализуется с помощью ЭВМ, проводится построение палеопалинологических гистограмм. Графическое построение подобных гистограмм вручную очень трудоемко, а главное — палинолог чаще всего не в состоянии проследить реальное распространение сотен видов спор и пыльцы по разрезу и по площади района. Вместе с тем процентные гистограммы, построенные для всех видов спор и пыльцы, обнаруженных в изучаемом разрезе, очень наглядно иллюстрируют распространение видов и позволяют с достаточно высокой степенью точности устанавливать биостратиграфические рубежи.

В Советском Союзе одними из первых автоматизированную обработку палеопалинологических данных с целью корреляции отложений применили А. Ф. Грачев и В. И. Мишин [9]. Ими было проведено сравнительное изучение спорово-пыльцевых спектров 15 разрезов континентальных кайнозойских отложений горной системы хр. Черского (Северо-Восток СССР). Для выявления сходства между спектрами из разных разрезов был использован метод главных компонент и парагрупповой метод кластерного анализа.

Применение кластерного анализа было проведено М. В. Ошурковой в 1976 г. с целью объективного решения задач стратиграфии и корреляции отложений карбона по разрезам шести угольных месторождений Центрального Казахстана. Ею было установлено 24 спорово-пыльцевых комплекса, характеризующих определенные интервалы геологического разреза в исследованных районах, каждый комплекс охарактеризован составом спор и пыльцы из 36 форм-родов, рассматриваемых как признаки, отражающие особенности комплексов. При подготовке данных для ЭВМ каждому признаку придавалось значение, соответствующее процентному содержанию данного форм-рода в комплексе. В результате машинной обработки были получены цифровые и графические материалы: матрица корреляции, матрица факторных нагрузок, матрица значений главных факторов и дендрограмма, являющиеся исходными данными для

анализа и интерпретации. Результаты машинной обработки позволили объективно оценить стратиграфическое и корреляционное значение выделенных М. В. Ошурковой палинологических комплексов.

Л. В. Ровниной в 1976 г. для решения вопроса о границах по палинологическим данным был использован метод математической обработки, разработанный в 1962 г. Д. А. Родионовым. Сущность этого метода заключается в выявлении в разрезе статистически однородных интервалов. Выражается это в поиске границ по максимальному значению статистического критерия (v_k) путем последовательной проверки гипотезы об однородности для всех частей разреза по всему комплексу признаков. Наиболее вероятному положению границы соответствует максимальное значение критерия. Применение соответствующих методов для сравнения значений v_k позволяет делать объективные выводы о значении той или иной границы в рассматриваемом разрезе.

Применение методов математической статистики в палеопалинологии дает возможность совместного использования большого числа признаков при установлении границ, обеспечивает надежность получаемых результатов и приближает палеопалинологию к точным наукам.

С помощью машинной обработки палинологических данных исследователь освобождается от утомительных и трудоемких операций по выявлению взаимосвязи множества сочетаний. ЭВМ выполняет эту работу быстро, при этом ограничения в отношении количества анализируемых комбинаций практически отсутствуют. Вместе с тем любой новый комплекс или даже спектр может быть сопоставлен со всем объемом данных, ранее накопленных в памяти машины. Однако необходимо отметить, что применение статистических методов даже с привлечением ЭВМ нецелесообразно в случаях, если биостратиграфические выводы могут быть получены традиционным способом обработки палинологических данных, а привлечение их послужит лишь подтверждением очевидных истин.

Следовательно наиболее важно правильно организовать оперирование с многочисленной библиографической и фактографической информацией на уровне создания массивов картотек различного содержания и эффективных систем ее хранения и поиска. И, конечно, совершенно очевидно, что настало время для принятия унифицированных стандартов регистрации результатов спорово-пыльцевого анализа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На современном этапе с помощью палинологии решаются вопросы палеогеографии, палеофлористики, биостратиграфии. Возникли такие новые направления, как маринопалинология, исследования спор и пыльцы в пластовых водах, нефтях, асфальтитах и газах. Широко используются палинологические данные при поисковых работах на самые разные полезные ископаемые, такие, как бокситы, редкие металлы, связанные с россыпными месторождениями, и др.

Делаются попытки использования палинологии в определении степени катагенеза органического вещества. Внедряется использование электронной микроскопии в изучение различных слоев оболочек пыльцы и спор, для целей систематики и таксономии ископаемых.

Значительным достижением палинологии является широкое применение комплексных методов исследований, при которых хроны выделяемые по палинологическим данным, подкрепляются параллельным изучением представителей всех групп ископаемых животных и растительных организмов. Такой метод обеспечивает наиболее надежную палинологическую корреляцию морских и континентальных отложений. В последние годы он применяется при исследовании прибрежно-морских и прибрежно-континентальных фаций, а также микрофитопланктона. Исключительно ценные сведения получены при изучении диноцист, клетки которых находятся в массе в осадках шельфовых зон.

Палинологические данные широко привлекаются при региональных исследованиях, которые в связи с разворачиванием крупномасштабной геологической съемки требуют единой системы интерпретации данных с учетом выбора локальных коррелятивов. Выявляя разрешающую их способность в стратиграфии, палинологи часто обращаются к стратиграфическим терминам. Свод основных правил и рекомендаций, определяющих содержание и применение этих терминов, понятий и наименований, приведен в Стратиграфическом кодексе СССР (1977 г.), соблюдение которого обязательно для всех.

Одной из первостепенных задач, стоящих перед палинологами, является выбор валидных таксонов для целей стратиграфии и корреляции. Существующий неоднозначный подход к их определению обусловлен наличием неодинаковых понятий и терминов в палинологической литературе. Это положение отразилось и в представленной работе.

Палинологические данные с успехом могут использоваться при различных палеогеографических построениях. Кроме того, наличие спор и пыльцы в пластовых водах, нефтях, газах, а также нефтесодержащих породах, правильная интерпретация полученных резуль-

татов могут дать информацию о нефтематеринских породах, путях миграции нефти и газа. Изменения цвета спорово-пыльцевой оболочки указывают на степень зрелости органического вещества в горных породах.

Использование палинологических данных во всех перечисленных случаях требует комплексного подхода к решению поставленной задачи и осторожности в выводах.

Усиление роли палинологии в научной и практической сферах жизни обусловило стремительный рост палинологической информации. Актуален вопрос ее сбора, хранения и поиска. Первостепенное значение имеют: стандартизация регистрации взятых на исследование образцов, получаемых исследователями результатов, сбор публикаций, создание информационно-поисковых систем (ИПС), применение математического аппарата и электронно-вычислительных машин при палинологических исследованиях.

Решение поставленных задач, очевидно, может быть осуществлено путем внедрения уже созданных бланков-перфокарт, дающих возможность стандартизации регистрации образцов и результатов в одних случаях и быстрого поиска нужной информации — в других. Однако рост количества и сложности решаемых научно-производственных проблем побуждает к внедрению механизации процедуры информационного поиска, использованию в этих целях ЭВМ, применению машинной обработки палинологических данных.

В данной работе рассмотрены методы, применяемые в настоящее время при интерпретации палинологических результатов. Описаны методики и приемы использованные как самими авторами, так и заимствованные из публикаций советских и зарубежных палинологов.

1. *Аристова К. Е.* Методика применения перфокарт в палинологии при составлении справочника-определителя и перфокартотетки фактического материала.— В кн.: Палинология и стратиграфия палеозоя, мезозоя и палеогена европейской части СССР и Средней Азии, ВНИГНИ, вып. 106. М., 1971, с. 124—132.
2. *Вальц И. Э.* Методика спорового анализа для целей синхронизации угольных пластов. М.—Л., Гостоптехиздат, 1941, 45 с.
3. *Вахрамеев В. А.* Расчленение и корреляция континентальных отложений по палеоботаническим данным.— Сов. геология, № 1, 1982, с. 58—67.
4. *Вахрамеев В. А.* Флоры и климаты Земли в раннемеловую эпоху.— Сов. геология, № 1, 1984, с. 42—49.
5. *Вронский В. А., Федорова Р. В.* Концентрация пыльцы и спор в современных континентальных и морских отложениях.— Изв. АН СССР. Сер. геол., № 12, 1981, с. 79—86.
6. *Вронский В. А.* Маринопалинология и ее методическое значение.— В кн.: Современные аспекты применения палинологии в СССР. Труды ЗапСибНИГНИ, вып. 178. Тюмень, 1983, с. 23—30.
7. *Глузбар Э. А.* Требование к информационному обеспечению индивидуальных информационно-поисковых систем по палинологии.— В кн.: Современные аспекты применения палинологии в СССР. Труды ЗапСибНИГНИ, вып. 178. Тюмень, 1983, с. 103—107.
8. *Гольдина Н. А., Пуртова С. И.* Организация базы палинологических данных.— В кн.: Современные аспекты применения палинологии в СССР. Труды ЗапСибНИГНИ, вып. 178. Тюмень, 1983, с. 114—121.
9. *Грачев А. Ф., Мишин В. И.* Проблема корреляции континентальных отложений по палинологическим данным на основе кластерного анализа (на примере Северо-Востока СССР).— Вестник ЛГУ, № 18, 1974, с. 108—112.
10. *Дибнер А. Ф.* Палинозоны карбона и перми Средней Сибири и их стратиграфическое значение.— В кн.: Новое в стратиграфии и палеонтологии среднего и верхнего палеозоя Средней Сибири. Новосибирск, 1978, с. 105—111.
11. *Заклинская Е. Д.* Основные принципы интерпретации палинологических данных для стратиграфии и корреляции.— В кн.: Стратиграфия и корреляция осадков методом палинологии. УНЦ АН СССР, Свердловск, 1983, с. 3—12.
12. *Заклинская Е. Д.* Палинохроны и обоснование стратиграфических подразделений.— Бюл. МОИП, отд. геол., т. 60, вып. 5. М., 1985, с. 35—44.
13. *Заклинская Е. Д., Найдин Д. Н.* Палинологическая характеристика отложений Крыма.— Бюл. МОИП, отд. геол., т. 60, вып. 5. 1985, с. 87—95.
14. *Ильина В. И.* Палинология юры Сибири. М., Наука, 1985, с. 182—195.
15. *Исагулова Е. З., Герасимова Л. А.* Формирование современных палинологических спектров в прибрежных районах Керченского полуострова.— В кн.: Следы жизни и динамики среды древних биотоков. Тезисы докл. на XXX сессии ВПО, Львов, 1984, с. 39—40.
16. *Коренева Е. В.* Значение палинологии в исследовании отложений современных морей и океанов.— В кн.: Современные аспекты применения палинологии в СССР. Труды ЗапСибНИГНИ, вып. 178. Тюмень, 1983, с. 10—23.
17. *Корчагина Ю. И., Четверикова О. П.* Методы интерпретации аналитических данных о составе рассеянного органического вещества. М., Недра, 1980, с. 5—8, 196—206.
18. *Крузина А. Х., Узюк В. И., Шварцман Е. Г.* Палинологическо-петрографические исследования для детального расчленения и корреляции угольных пластов Донбасса.— Сов. геология, № 12, 1984, с. 53—62.
19. *Маясова Е. С.* Зависимость состава спорово-пыльцевых спектров от условий формирования их в бассейнах различного типа.— В кн.: Проблемы современной палинологии. М., Наука, 1984, с. 67—71.

20. *Неручев С. Г., Вассоевич Н. Б., Лопатин Н. В.* О шкале катагенеза в связи с нефтеобразованием.— В кн.: Горючие ископаемые. М., Наука, 1976, с. 78—98.

21. *Олейников А. Н.* Опыт использования ЭВМ при построении палеопалинологических гистограмм.— В кн.: Цифровое кодирование систематических признаков древних организмов. М., Наука, 1972, с. 160—164.

22. *Олейников А. Н.* К методике цифрового кодирования в палеопалинологии.— В кн.: Методические вопросы палинологии. М., Наука, 1973, с. 51—55.

23. *Олейников А. Н., Ялышева А. А.* Цифровое кодирование систематических признаков и политомический метод диагностики ископаемых спор и пыльцы.— В кн.: К методике палеопалинологических исследований. Л., 1966, с. 8—17.

24. *Ошуркова М. В.* Детальное расчленение угленосных отложений по палеофитологическим данным.— В кн.: Методические рекомендации. Л., 1981, 40 с.

25. *Палеозойские и мезозойские флоры Евразии и фитогеография этого времени/В. А. Вахрамеев, И. Р. Добрускина, Е. Д. Заклинская и др.* М., Наука, ГИИ АН СССР, вып. 208, 1970, 424 с.

26. *Палинологические критерии* определения направления источников сноса терригенного материала для васюганского горизонта/Н. К. Глушко, Л. Н. Шейко, Т. С. Безрукова и др.— В кн.: Обоснование новых направлений и методов геологических работ Западно-Сибирского комплекса в одиннадцатой пятилетке. Труды ЗапСибНИГНИ, вып. 180, 1982, с. 115—117.

27. *Палинологическое обоснование* корреляции верхнеюрских отложений и наличие в них зон выклинивания на юго-востоке Западно-Сибирской плиты/Л. Г. Маркова, Е. Е. Даненберг, А. В. Скуратенко и др.— В кн.: Палинологическое обоснование корреляции верхнеюрских отложений и наличие в них зон выклинивания на юго-востоке Западно-Сибирской плиты. Труды ЗапСибНИГНИ, вып. 187. Тюмень, 1984, с. 28—31.

28. *Пашкевич Н. Г., Епифанский А. Г.* Информационно-поисковая система для решения некоторых задач палеопалинологии.— В кн.: Применение диагностических информационно-поисковых систем при изучении палеозойских микроспор. Якутское книжное изд-во, Якутск, 1975, с. 5—19.

29. *Петросьянц М. А.* Методические рекомендации по использованию микрофоссилий растительного и проблематического происхождения для выявления обстановок древнего осадконакопления. М., 1984, 46 с.

30. *Практическая стратиграфия.* Л., Недра, 1984, 308 с.

31. *Пуртова С. И., Безрукова Т. С., Бочкарева М. Ф., Денисюкова Р. Н.* Использование палинологических данных для палеогеографических реконструкций на примере валанжин-раннеготеривских отложений Западно-Сибирской плиты.— В кн.: Палинология и палеогеография (материалы Всесоюзной палинологической конференции, Тюмень, 1981). Свердловск, 1983, с. 16—21.

32. *Ровнина Л. В.* Основные принципы детального расчленения нефтегазонаосных отложений неокома Западной Сибири.— В кн.: Методы интерпретации палинологических данных. Труды ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 279, Л., 1984, с. 51—56.

33. *Ровнина Л. В.* Методика определения исходного типа и уровня катагенеза органического вещества палинологическим методом.— В кн.: Современные аспекты применения палинологии в СССР.— Труды ЗапСибНИГНИ, вып. 178. Тюмень, 1983, с. 34—38.

34. *Степанов Д. Л.* Принципы и методы биостратиграфических исследований.— Труды ВНИГРИ, вып. 113. Л., Гостоптехиздат, 1958, 178 с.

35. *Степанов Д. Л., Месежников М. С.* Общая стратиграфия (принципы и методы стратиграфических исследований). Л., Недра, 1979, 423 с.

36. *Стратиграфический кодекс СССР.* Л., Мингео СССР, ВСЕГЕИ, МСК, 1977, 79 с.

37. *Тахтаджян А. Л.* Система и филогения цветковых растений. Изд-во АН СССР, БИИ, М.—Л., Наука, 1966, 488 с.

38. *Тимошина Н. А., Меньшикова Н. Я.* Современное значение палинологии для стратиграфии, корреляции разнофациальных отложений и палеогеографических реконструкций (по результатам изучения микрофитофоссилий из юрских отложений Восточного Прикаспия).— В кн.: Микрофоссилии в нефтяной геологии. Труды ВНИГРИ, Л., 1980, с. 22—60.

39. *Дж. Хант.* Геохимия и геология нефти и газа. М., Мир, 1982, 520 с.

40. Юрские континентальные отложения востока Средней Азии (датировка, расчленение, корреляция)/М. М. Алиев, Р. З. Генкина, Е. Н. Дубровская и др. М., Наука, 1981, 188 с.

41. *Baltes N.* Metamorphosis of different types of organic matter from sedimentary rocks of Romania and their importance for oil generation. „Proc. 10th. World Petrol Congr. Bucharest, 1979, vol. 2“. London e. a., 1980, pp. 43—47.

42. *Bolick M. R.* Mechanica as an aid to interpreting pollen structure and function. *Rew. Palaeobot. Palynol.*, 1981, pp. 35, 61—79.

43. *Friis E. M.* „Upper cretaceous (senonian) floras structures of Juglanalean affinity containing Normapolles Pollen“ in *Jour. Reviens of Palaeobotany and Palynology*, 39, Amsterdam, 1983, pp. 161—183.

44. *Muller J.* Form and function in Angiosperm pollen. *Ann. Mo. Bot. Gard.*, 1979, pp. 593—632.

45. *Rayre J.* Paleoclimats du Secondaire et du Primaire. Peut-on estimer l'evolution des climats jurassiques et cretaces d'apres la palynologie? *Mem. du Mus. Nation d'Histoire Naturelle Ser. B. Bot.*, t. B27, 1980, pp. 247—260.

46. *Robert P.* Classification of organic matter by means of fluorescence: application to hydrocarbon source rocks.—*Intern. Journ. Coal. Geol.*, vol. 1, 1981, pp. 101—137.

47. *Walker J. W., Walker A. G.* Comparative pollen morphology of the Madagascar genera of Myristicaceae (*Mauloutchia*, *Brochoneura* and *Haematodendron*), Grana, 1981, pp. 1—17.

Предисловие	3
Теоретические основы палинологии	4
Флора и растительность (<i>Е. Д. Заклинская</i>)	10
Краткие сведения о систематике высших растений (<i>Е. Д. Заклинская</i>)	13
Морфология спор и пыльцы (<i>Н. Р. Мейер-Меликян</i>)	17
Систематика, таксономия и номенклатура ископаемых спор и пыльцы (<i>Е. Д. Заклинская</i>)	40
Использование генетической классификации при определении ископаемых спор и пыльцы (<i>Л. В. Ровнина</i>)	47
Палинология и стратиграфия	53
Восстановление хронологической последовательности в развитии флор (<i>Е. Д. Заклинская</i>)	53
Флористическая дифференциация и выбор таксонов для корреляции (<i>Е. Д. Заклинская, С. И. Пуртова</i>)	56
Стратиграфические подразделения и их обоснование (<i>Е. Д. Заклинская, С. И. Пуртова</i>)	61
Различные методы расчленения и корреляции отложений (<i>С. И. Пуртова, Н. А. Тимошина, Л. Г. Маркова, Л. В. Ровнина, В. Г. Стрепетилова</i>)	71
Расчленение и корреляция морских осадочных отложений (<i>С. И. Пуртова, В. Г. Стрепетилова</i>)	90
Расчленение и корреляция разнофациальных континентальных отложений (<i>Н. А. Тимошина</i>)	96
Расчленение и корреляция угленосных отложений (<i>М. В. Ошуркова</i>)	102
Расчленение и корреляция четвертичных отложений (<i>В. П. Гричук</i>)	109
Стратиграфия и корреляция отложений донеогеновой фазы кайнофита (<i>Е. Д. Заклинская</i>)	130
Палинология и палеогеография	136
История развития флоры, растительности и климатов прошлого (<i>Л. Г. Маркова, С. И. Пуртова, Н. А. Тимошина, В. Г. Стрепетилова</i>)	140
Определение направления источников сноса и дальности разноса терригенного материала (<i>С. И. Пуртова, В. Г. Стрепетилова</i>)	159
Определение перерывов в осадконакоплении (<i>С. И. Пуртова, В. Г. Стрепетилова, Л. Г. Маркова</i>)	165
Определение положения древней береговой линии (<i>В. А. Федорова, Л. Г. Маркова</i>)	168
Критерии определения фациальных особенностей отложений и реконструкции обстановок осадконакопления (<i>М. В. Ошуркова, В. А. Федорова</i>)	171
Изучение нерастворимого органического вещества	184
Рассеянное нерастворимое органическое вещество или кероген (<i>Л. В. Ровнина</i>)	185
Катагенез нерастворимого органического вещества (<i>Л. В. Ровнина</i>)	194
Информационно-поисковые системы	207
Стандартизация документации (<i>М. В. Ошуркова, С. И. Пуртова</i>)	207
Сбор библиографической и фактогеологической информации (<i>М. В. Ошуркова</i>)	210
Автоматизированные системы хранения и поиска информации (<i>М. О. Ошуркова, Л. В. Ровнина</i>)	212

Решение задач стратификации и корреляции с применением метода математической статистики и электронно-вычислительных машин (М. В. Ошуркова, С. И. Пуртова, Л. В. Ровнина)	214
Заключение	217
Список литературы	219

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПАЛИНОЛОГИИ

Редактор издательства *Т. А. Горохова*
Переплет художника *А. С. Андреева*
Художественный редактор *Г. Н. Юрчевская*
Технические редакторы *В. Ю. Любимова, О. А. Колотвина*
Корректор *Л. В. Зайцева*
Н/К

Сдано в набор 06.03.87. Подписано в печать 05.06.87. Т-11100. Формат 60×90^{1/16}.
Бумага книжно-журнальная. Гарнитура Литературная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 14,0. Усл. кр.-отт. 14,0. Уч.-изд. л. 16,51. Тираж 500 экз. Заказ 138/12733-1.
Цена 1 р. 20 к. Заказное.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3.
Ленинградская картографическая фабрика ВСЕГЕИ

ВНИМАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ!

**В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «НЕДРА» ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ
И ВЫЙДУТ В СВЕТ НОВЫЕ КНИГИ**

**НЕГРУЦА В. З., НЕГРУЦА Т. Ф.
ИСТОРИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД
ИЗУЧЕНИЯ ДОКЕМБРИЯ.**

15 л. 1 р. 20 к.

Изложены приемы изучения последовательности породо- и рудообразующих процессов, методические пути реставрации исходного материала и генезиса пород и породных ассоциаций докембрия, методика сбора и анализа полевых материалов, особенности палеогеографических, палеотектонических и палеометаллогенических реконструкций. Рассмотрены условия породо- и рудообразования в докембрии и фанерозое, эволюция внешних и внутренних оболочек Земли в докембрии и оптимальные пути их дальнейшего изучения.

Для геологов различного профиля, занятых поисками, разведкой и изучением рудных месторождений и металлогении докембрия.

План 1988 г., № 63.

**ХАИН В. Е., БОЖКО Н. А.
ИСТОРИЧЕСКАЯ ГЕОТЕКТОНИКА.
ДОКЕМБРИЙ.**

27 л. 4 р. 50 к.

Рассмотрены основные этапы развития структуры земной коры на протяжении докембрия, начиная с образования планеты Земля и наиболее ранней, догеологической стадии ее эволюции. Дан подробный обзор фактического материала по континентам. Проанализированы представления о тектоническом режиме и стиле тектонических деформаций в течение описываемых этапов, намечена общая эволюция структуры земной коры. Приведены оригинальные палеотектонические реконструкции на современной и палинспастической основе.

Для научных работников, занимающихся изучением геологии и металлогении докембрия; представит интерес для преподавателей и студентов старших курсов геологических и географических факультетов вузов и университетов.

План 1988 г., № 57.

Интересующие Вас книги можно приобрести или заказать в магазинах книготорга, распространяющих научно-техническую литературу, и в магазинах — опорных пунктах издательства «Недра», адреса которых приведены в аннотированном плане выпуска, а также через отделы «Книга — почтой» магазинов:

№ 115 — 117334, Москва, Ленинский проспект, 40. Дом научно-технической книги;

№ 17 — 199178, Ленинград, В. О., Средний проспект, 61.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»

1620x

4854

FELPA