

Глава 7. Анализ ископаемых флор платформенных комплексов Зейско-Буреинского бассейна с целью реконструкции климата и палеообстановок

Рассматриваемая глава представляет итог длительного изучения верхнемеловых и палеоценовых отложений, проведенные на рубеже веков на территории южной окраины Зейско-Буреинского бассейна и предгорья Малого Хингана сотрудниками Биолого-почвенного института В.С. Маркевич и Е.В. Бугдаевой (г. Владивосток), Института геологии и природопользования, Отделения региональной геологии и гидрогеологии А.П. и А.А. Сорокиными, Ю.Л. Болотским, Т.В. Артеменко (г. Благовещенск) и Дальневосточного Геологического института ДВО РАН В.В. Голозубовым (г. Владивосток). Результаты исследований были опубликованы в серии публикаций (Флора и динозавры..., 2001; Маркевич и др., 2004, 2005а, 2005б, 2005в; Маркевич, Бугдаева, 2008; Бугдаева, Маркевич, 2009; Бугдаева, Маркевич, 2010; Маркевич и др., 2010; Markevich et al., 2004, 2010).

В 2002–2010 гг. авторами в рамках работ по Международному проекту "Биота на мел-палеогеновой границе в бассейне р. Амур" (руководители проф. Сунь Ге и д.г-м.н., проф. М.А. Ахметьев) они изучались также в окрестностях г. Цзяинь, провинция Хейлунцзян, Китай (рис. 7.1). Флористические изменения прослежены в почти непрерывной последовательности, повышающей достоверность выводов о смене растительности, реагировавшей на некоторые внешние воздействия. По существу, преодолена так называемая неполнота геологической летописи. Комплекс благоприятных факторов (возможность детально изучить хорошо обнаженные геологические разрезы Зейско-Буреинского бассейна, получить довольно полную их палеонтологическую характеристику и т.д.) позволили преодолеть многие из вышеупомянутых проблем. В этом бассейне величина стратиграфических hiatusов маастрихта и дания так мала, что позволяет говорить об отсутствии дискретности в наших построениях.

Авторы считают, что результаты исследований позволяют представить сенон-датскую флору Среднего Приамурья как некий континуум, реально отражающий особенности расцвета и упадка определенных групп растений. В свою очередь, привлечение геологических данных позволяет реконструировать палеообстановки. Смена последних в сочетании с изменением состава

растений, произраставших в этих условиях, способствует выявлению реакции растительности на изменения среды. Этот регион, таким образом, выделяется в разряд ключевых для исследования процессов развития кризиса биоты и массового вымирания на границе мела и палеогена.

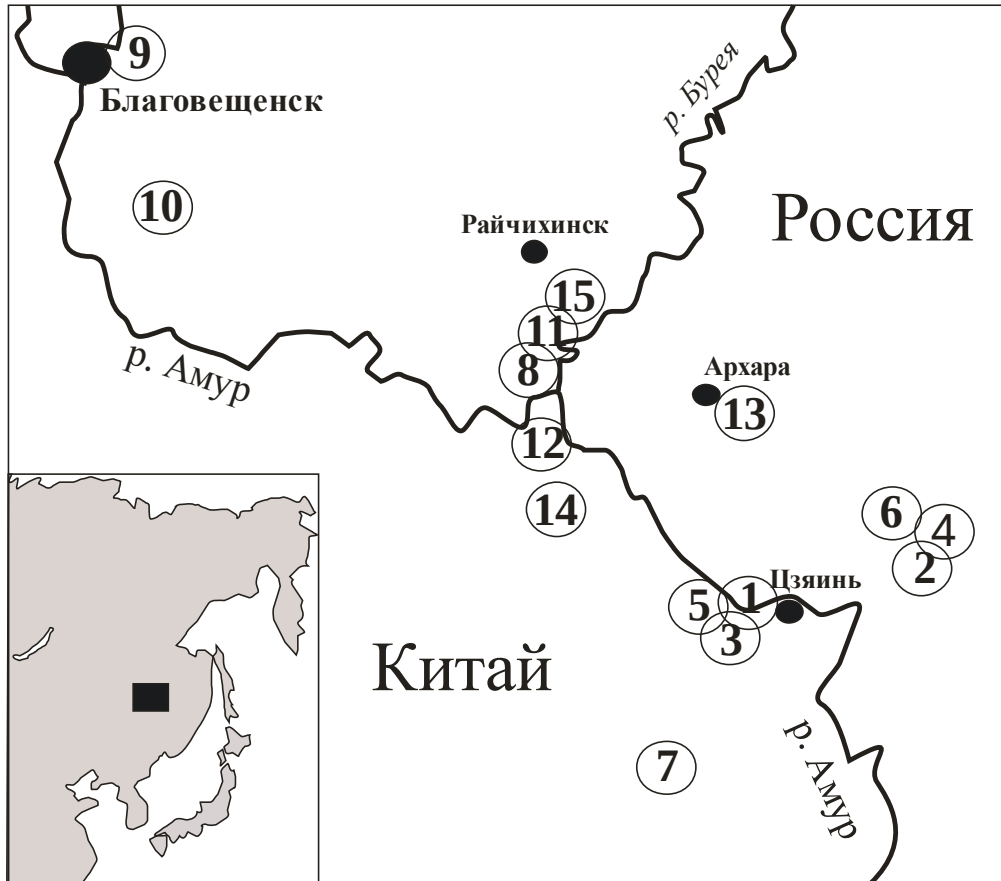


Рис. 7.1. Схема изученных местонахождений и разрезов.

1 — формация Юн'аньцунь, 2 — нижняя часть кундурской свиты (точки 12, 1808), 3 — формация Тайпинлиньчан, 4 — верхняя часть кундурской свиты (точки 15, 16), 5 — формация Юйлянцзы (динозавровое местонахождение Лунгушань), 6 — нижнецагайская подсвита (Кундурское динозавровое местонахождение), 7 — формация Юйлянцзы (динозавровое местонахождение Улага), 8 — нижнецагайская подсвита (местонахождение Асташиха), 9 — нижнецагайская подсвита (Благовещенское динозавровое местонахождение), 10 — нижнецагайская подсвита (Гильчинское динозавровое местонахождение), 11 — стратотип цагайской свиты (группа местонахождений вблизи горы Белая и Плоская), 12 — формации Фужао и Уюнь, 13 — верхнецагайская подсвита (Архаро-Богучанское угольное месторождение), 14 — угольный карьер Уюнь; 15 — верхнецагайская подсвита (Райчихинское угольное месторождение). Государственная граница РФ проходит по р. Амур.

7.1. Районы исследований и фактический материал

Основанием для исследований послужили остатки растений (главным образом, спор и пыльцы) кундурской и цагаянской свит в юго-восточной окраине Зейско-Буреинского бассейна (рис. 7.1). Палинологические пробы и фитофоссилии нами отбирались из обнажений 1808, 15 и 16 (снизу вверх по разрезу) кундурской свиты. Кроме того, средняя часть этого стратиграфического подразделения (точка 12) изучена в 8 км к северо-востоку от деревни Пашково, расположенной в устье р. Хинган на границе Амурской и Еврейской автономной областей.

Палинологические пробы из цагаянской свиты отбирались в обнажениях стратотипа цагаянской свиты на правом берегу р. Бурея и в окрестностях г. Плоская, из нижнецагаянской подсвиты возле с. Асташиха, из костеносных динозавровых слоев местонахождений Кундур, Благовещенск, Гильчин, Димское, а также из кивдинских слоев цагаянской свиты, развитых в районе Архаро-Богучанского и Райчихинского (участки Пионер и Прогресс) угольных месторождений. Остатки ископаемых растений были собраны из стратотипа цагаянской свиты, а также из обнажения 28 местонахождения Кундур. На правом (китайском) берегу р. Амур нами палинологически опробованы разрезы формаций Юн'аньцунь (образцы из флороносных слоев этой формации любезно предоставлены М.А. Ахметьевым), Тайпинлиньчан, Юйлянцзы (динозавровые местонахождения Лунгушань и Улага), Фужао и Уюнь. Разрезы правобережья р. Амур, а также г. Плоской, Архаро-Богучанского и Райчихинского (участки Пионер и Прогресс) угольных месторождений описаны А.Р. Ашрафом, Сунем У.-У. и И.Я. Хардингом.

Все коллекции (более чем 3000 спорово-пыльцевых проб и около 500 образцов с отпечатками ископаемых растений) хранятся в коллекционной лаборатории палеоботаники Биолого-почвенного института ДВО РАН, г. Владивосток.

7.2. Фитостратиграфия верхнемеловых и палеоценовых отложений Зейско-Буреинского бассейна

Кундурская свита распространена в восточной части Зейско-Буреинского бассейна в предгорьях Малого Хингана и является стратиграфическим аналогом завитинской свиты, характерной для центральной части бассейна. В отличие от последней, кундурская свита сложена более грубыми

породами с примесью туфогенного материала. Общая мощность колеблется от 150 до 900 м (Сорокин, 1976). Она залегает на вулканогенно-осадочной обманьинской свите, возраст которой оценивается как альб-сеноман (Сорокин, 1976) или коньяк — ранний сантон (Решения..., 1994) и перекрывается цагайинской свитой.

При строительстве федеральной дороги Чита-Хабаровск были вскрыты средние и верхние слои кундурской свиты на участке между реками Хинган и Мутная в Архаринском районе Амурской области. Это дало возможность более подробно изучить верхнюю часть кундурской свиты и характер ее контакта с цагайинской свитой. Общая протяженность разреза около 5 км. Его подробная характеристика приведена в статье В. С. Маркевич, Л. Б. Головневой, Е. В. Бугдаевой (2005б).

В результате детального палинологического изучения кундурской свиты и формаций Юн'аньцунь, Тайпинлиньчан был установлен сантон-кампанский возраст этих стратиграфических подразделений (Флора и динозавры..., 2001; Golovneva et al., 2004; Маркевич и др., 2005 а, б).

Для цагайинской свиты характерны резкая изменчивость литологического состава по разрезу, выдержанность по простираению, четкая обособленность палинокомплексов — всё это послужило нам основанием повысить ранг этой свиты до серии с выделением вместо подсвит удурчуканской, дармаканской и буреинской свит (Флора и динозавры..., 2001). Ранее подобную идею высказывали многие геологи, как например, С.В. Музылев (1943 г., 1945 г.), Сорокин (1967 г.), В.А. Красилов (1976) и др. Возраст цагайинской серии установлен нами в интервале ранний маастрихт — даний (Флора и динозавры..., 2001; Бугдаева, Маркевич, 2009; Маркевич, Бугдаева, 2008; Маркевич и др., 2004, 2005, 2010; Markevich et al., 2004; 2010).

7.2.1. Сантонский ярус

Палинофлора сантонского возраста выявлена из средней части кундурской свиты и формации Юн'аньцунь (рис. 7.2) и охарактеризована двумя комплексами. Первый установлен в слое песчанистых голубоватых глин т. 12 у деревни Пашково. Для него характерно значительное участие голосеменных (до 49 %), среди которых доминируют близкие к сосновым и таксодиевым. Папоротникообразные (свыше 30 %) представлены главным образом близкими к Polypodiaceae и Cyatheaceae. Разнообразие цветковых невелико (12 таксонов). В их составе принимают участие близкие к буковым и платановым, а также растения, продуцировавшие трипроклатную пыльцу, родство которых с современными семействами не выявлено (*Aquilapollenites cruciformis* N. Mch., *A. catenireticulatus* Sriv., *A. amygdaloides* Sriv., *Duplosporites borealis* Chlon.).

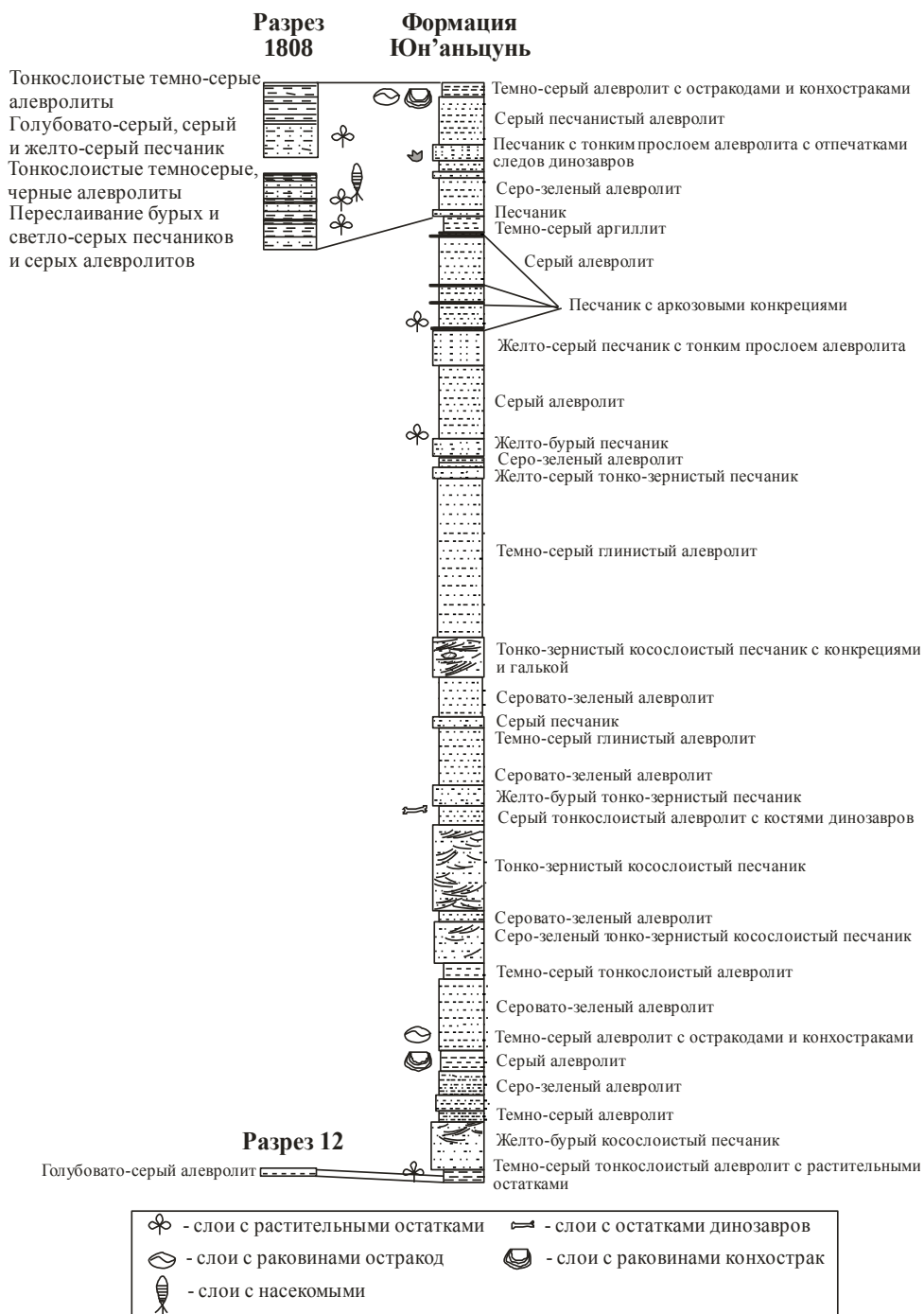


Рис. 7.2. Сопоставление формации Юн'аньцунь и нижней части кундурской свиты.

Второй палинокомплекс выявлен в обнажении 1808 (рис. 7.2, 7.3). В нем доминируют цветковые (до 44 %). Среди них наиболее обильна пыльца (до 29 %) близких к ореховым. Трипроектатная пыльца (первоначально отнесенная к типу "unica") немногочисленна. Среди голосеменных значительно участие *Ginkgocycadophytus* (до 14 %), а двумешковая пыльца близких к сосновым и ногоплодниковым составляет в сумме 13 %. Реже встречаются араукариевые и таксодиевые. Споры папоротникообразных составляют менее 20%. Разнообразие их невелико. В их составе принимают участие споры близких к циатейным и диксониевым, а также редкие чистоустовые, глейхениевые и схизейные.

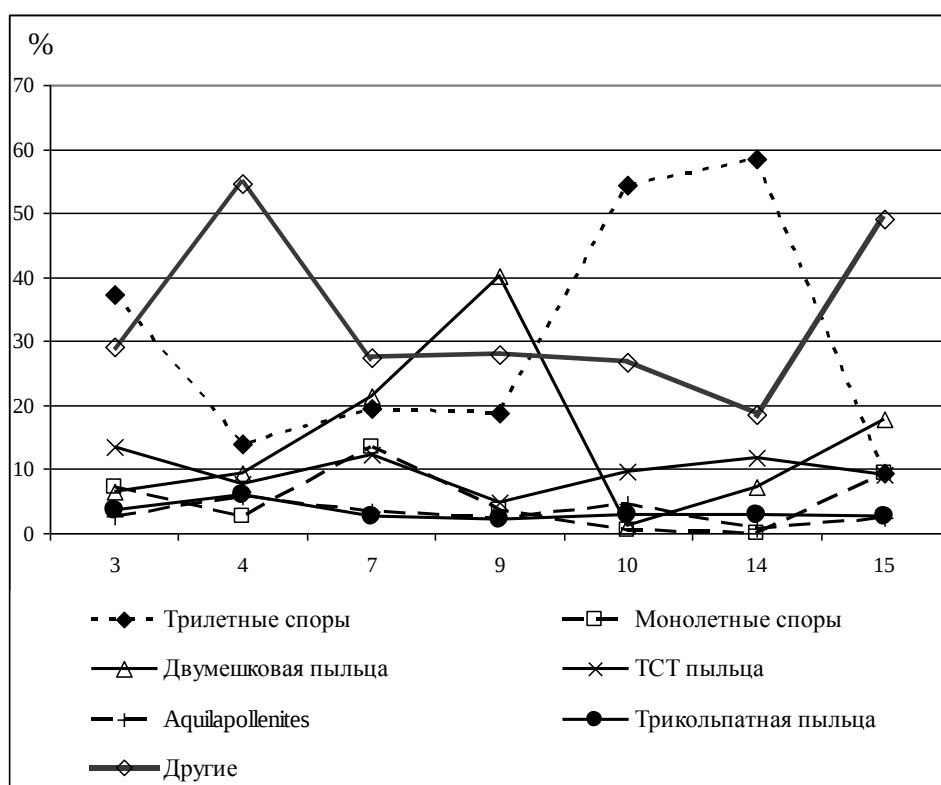


Рис. 7.3. Соотношение основных групп спор и пыльцы в палиноспектрах из обнажения 1808.

Таксономический состав изученных палинокомплексов сходен, что позволяет рассматривать их как единую палинофлору сантонского возраста (Маркевич и др., 2005 а, б). В целом для нее характерно доминирование голосеменных, в основном за счет теплолюбивых сосновых и ногоплодниково-

вых, а среди папоротникообразных – преобладание циатейных и диксониевых. Немногочисленные покрытосеменные представлены главным образом пыльцой близких к ореховым. Возраст палиноспектра из т. 12, по всей вероятности, немного древнее, чем комплекс из т. 1808, за счет большего участия и разнообразия пыльцы древних ореховых в последнем.

В разрезе формации Юн'аньцунь также выделено два палинокомплекса.

Для палинокомплекса из нижней части разреза характерно низкое таксономическое разнообразие. Он состоит в основном из пыльцы голосеменных близких к сосновым и таксодиевым. Среди папоротникообразных преобладают споры циатейных и диксониевых. Немногочисленные цветковые представлены пыльцой близких к ореховым, буковым и платановым, а также трипрокатной пыльцой (рис. 7.2, 7.4). Этот комплекс по составу соответствует первому палинокомплексу из точки 12 кундурской свиты.

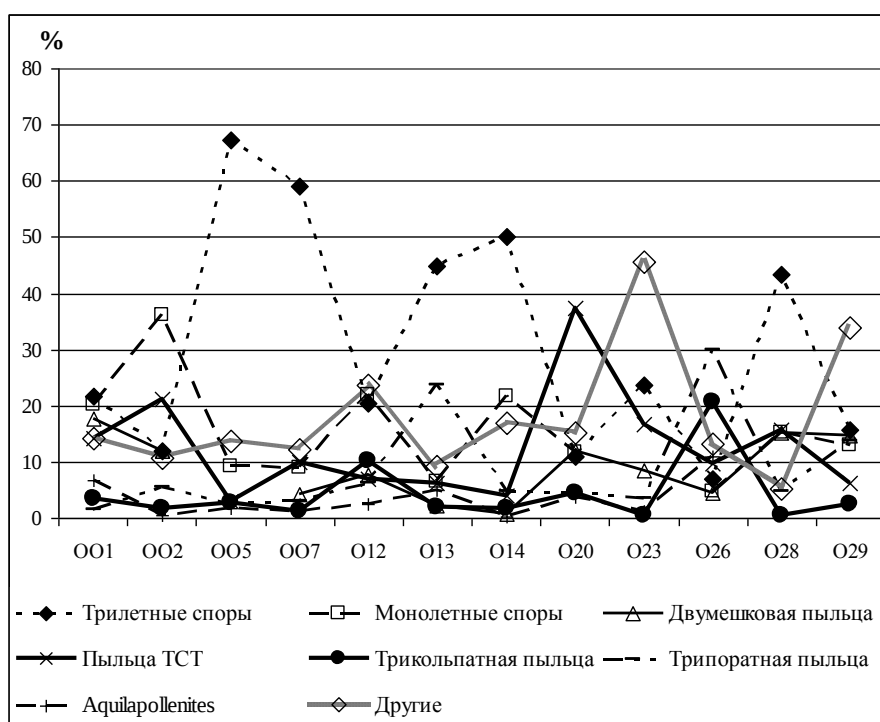


Рис. 7.4. Соотношение основных групп спор и пыльцы в палиноспектрах из формации Юн'аньцунь.

Палиноспектры из верхней части разреза сходны. В них доминируют папоротникообразные, главным образом, циатейные, диксониевые и чистоустовые. В составе голосеменных значительно участие *Ginkgocycadophytus* и таксодиевых. Среди покрытосеменных преобладают предковые ореховые, а участие платановых, буковых и других невелико (рис. 7.4). Этот палиноком-

плекс близок по таксономическому составу к палинокомплексу обнажения 1808.

Макрофлора в средней части кундурской свиты обнаружена только в обнажении 1808. В ней представлены хвощи, папоротники, хвойные и покрытосеменные. Преобладают остатки папоротника "*Asplenium*" *dicksonianum* Heer и веточки секвойи. Реже встречаются побеги *Metasequoia* sp. и *Cupressinocladus* sp. Покрытосеменные представлены многочисленными фрагментами листьев рода *Trochodendroides* и несколькими обрывками неопределимых листьев. В некоторых прослоях найдено большое количество отпечатков листьев водных растений *Quereuxia angulata* (Newb.) Krysht. ex Baik. и в меньшей степени *Cobbania corrugata* Stockey, Rothwell et Johnson.

Макрофлористический комплекс формации Юнаныцунь также небогат. По определению Л.Б. Головневой он содержит *Equisetum* sp., "*Asplenium*" *dicksonianum* Heer, *Ginkgo amurensis* Golovn., *Pityospermum* sp., *Sequoia* sp., *Metasequoia* sp., *Cupressinocladus* sp., *Trochodendroides lanceolata*, *Trochodendroides* ex gr. *arctica* (Heer) Berry, *Arthollia* sp., *Quereuxia angulata*, *Q. sibirica* Golovn., *Cobbania corrugata*. Преобладают "*Asplenium*" *dicksonianum*, *Sequoia* sp., *Quereuxia sibirica*, *Trochodendroides* ex gr. *arctica*. Этот список практически идентичен списку растений из обнажения 1808 кундурской свиты и отличается только присутствием двух новых видов *Quereuxia sibirica* и *Ginkgo amurensis* (Маркевич и др., 2005 а, б).

7.2.2. Кампанский ярус

Палинофлора кампанского возраста установлена в верхней части кундурской свиты (т.т. 15 и 16) и формации Тайпинлиньчан на правом берегу реки Амур и также охарактеризована двумя комплексами (рис. 7.5). Первый палинокомплекс из обнажения 15 характеризуется доминированием и таксономическим разнообразием папоротникообразных (более 60%). В их составе многочисленны папоротники, продуцировавшие монолетные споры, а также близкие к циатейным и диксониевым. Реже встречаются глейхениевые и схизейные. Редки сфагновые и печеночные мхи. Среди голосеменных велико участие *Ginkgo* и *Saccadophytus* и разнообразных сосновых и ногоплодниковых. Многочисленны араукариевые и таксодиевые. В небольшом количестве встречаются гнетовые (5 таксонов). Цветковые разнообразны и составляют более 30%. Они представлены в основном близкими к платановым и буквым, реже родственными с современными семействами березовых, ореховых, лорантовых, протейных и вересковых. Наиболее разнообразна трипрократная пыльца *Aquilapollenites cruciformis*, *A. reductus* Nort., *A. subtilis* N. Mtch., *A. catenireticulatus*, *A. insignis* N. Mtch., *A. amygdaloides*, *A. conatus* Nort., *Parviprojectus amurensis* Bratz., *P. dolium* Samoil., *Mancicorpus tenue* N. Mtch.,

M. anchoriforme N. Mтч., *M. solidum* N. Mтч., *Duplosporis borealis*. Довольно велико участие пыльцы типа "oculata", которую, возможно, продуцировали водные растения (рис. 7.6).

Верхняя часть кундурской свиты
(разрезы 15 и 16)

Формация Тайпинлиньчан

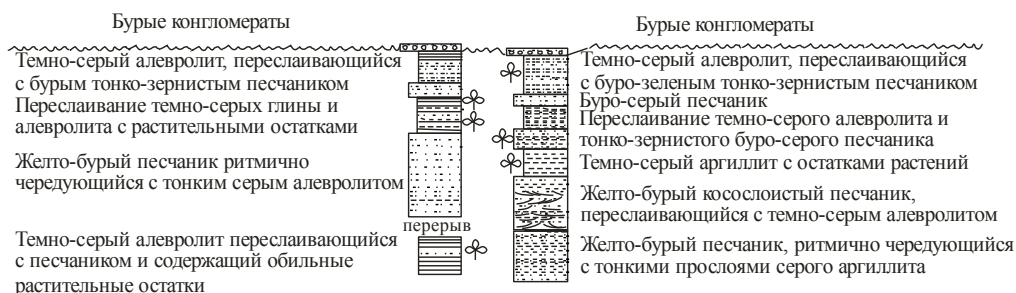


Рис. 7.5. Сопоставление разрезов отложений верхней части кундурской свиты (разрезы 15 и 16) и формации Тайпинлиньчан.

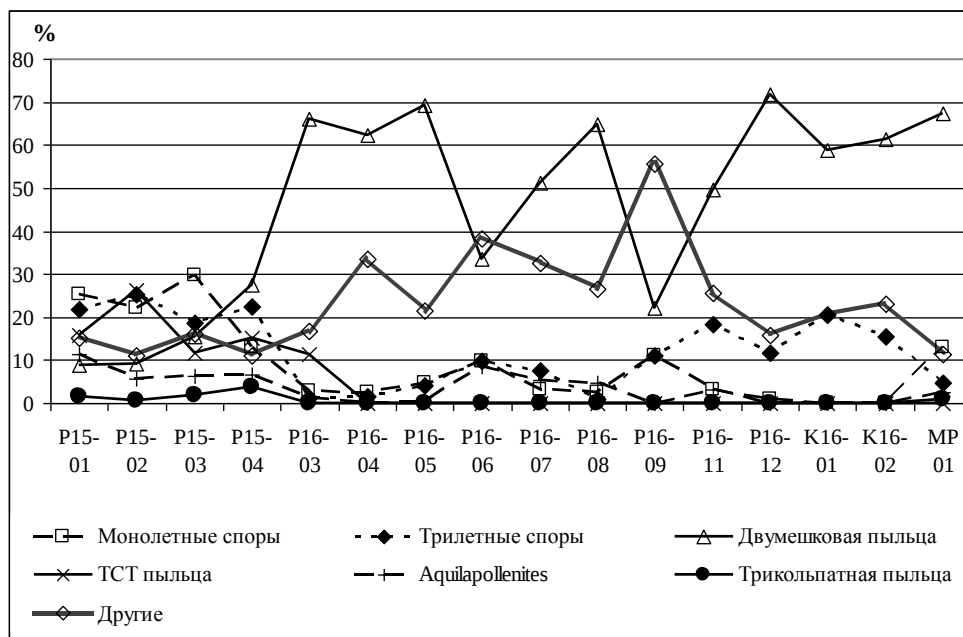


Рис. 7.6. Соотношение основных групп спор и пыльцы в палиноспектрах верхней части кундурской свиты (разрезы 15 и 16).

Для второго палинокомплекса из обнажения 16 характерно доминирование голосеменных, главным образом, за счет близких к сосновым и ногоплодниковым. Среди папоротникообразных преобладают папоротники с мо-

нолетными спорами, а также близкие к циатейным, диксониевым, схизейным и чистоустовым. Разнообразны мхи, плауновидные и селягинелловые, но участие их невелико. Цветковые составляют незначительную часть комплекса (около 10–11 %), при их значительном разнообразии – 22 таксона. Они представлены, главным образом, трипроклатной пыльцой *Aquilapollenites cruciformis*, *A. asper* N. Mch., *A. subtilis*, *A. amygdaloides*, *A. catenireticulatus*, *A. insignis*, *A. quadrilobus* Rouse, *A. stelckii* Sriv., *A. procerus* Samoil., *Aquilapollenites* sp., *Mancicorpus tenue*, *Fibulapollis mirificus* Chlon., *F. hamulatus* Takah., *Duplosporites borealis* (рис. 7.6). По сравнению с комплексами из средней части кундурской свиты в верхней части свиты сокращается участие и разнообразие рода *Kuprianipollis*, увеличивается роль близких к платановым и буковым, а также рода *Aquilapollenites*. В палиноспектрах точки 16 по сравнению с таковыми из точки 15 возрастает значение и разнообразие рода *Aquilapollenites* и становится постоянным присутствие близких к семействам березовых, ильмовых и ореховых. Эти данные свидетельствуют, что время формирования осадков разреза 15, по всей вероятности, – кампанский век, а разреза 16 – конец этого века.

Таксономический состав палинокомплекса формации Тайпинлинчан сходен в основном с таковым из верхней части кундурской свиты (точка 16). В нем доминируют голосеменные, главным образом, близкие к сосновым (до 60 %) и таксодиевым (пыльца часто встречается в виде нераспавшихся пыльников, что свидетельствует о ее захоронении "in situ" и о том, что эта группа растений являлась основным компонентом прибрежной растительности). Среди голосеменных также принимают участие араукариевые, гнетовые, ногоплодниковые. Папоротникообразные представлены, главным образом, близкими к циатейным, диксониевым, схизейным, чистоустовым и другим. Участие цветковых невелико. В их составе выявлено 14 видов *Aquilapollenites*. Встречена пыльца близких к ореховым, лилейным и другим (рис. 7.7).

В макрофлористическом комплексе верхней части кундурской свиты представлены мхи, хвощи, папоротники, гинкговые, хвойные и покрытосеменные. Остатки мхов, хвощей, папоротников и гинкговых встречаются единично. Исключение представляет папоротник *Kundurella amurensis* Golovn., чьи мелкие листья образуют листовые кровли. Остатки водного папоротника *Salvinia* встречаются вместе с многочисленными остатками водных цветковых *Quereuxia angulata* и *Cobbania corrugata*, которые образовывали плавающие розетки. Хвойные представлены таксодиевыми и кипарисовыми. По разнообразию и встречаемости преобладают представители семейства таксодиевых. В целом в данном местонахождении доминируют остатки побегов секвойи, реже встречаются метасеквойя, глиптостробус и таксодиум. Среди цветковых многочисленны листья *Celastrinites kundurensis* Golovneva, Sun et Bugdaeva, *Trochodendroides taipinglinchanica* Golovneva, Sun et Bugdaeva, T.

lanceolata Golovneva, Sun et Bugdaeva. Реже встречаются платановые *Arthollia tschernyschewii* (Konstantov) Golovneva, Sun et Bugdaeva.

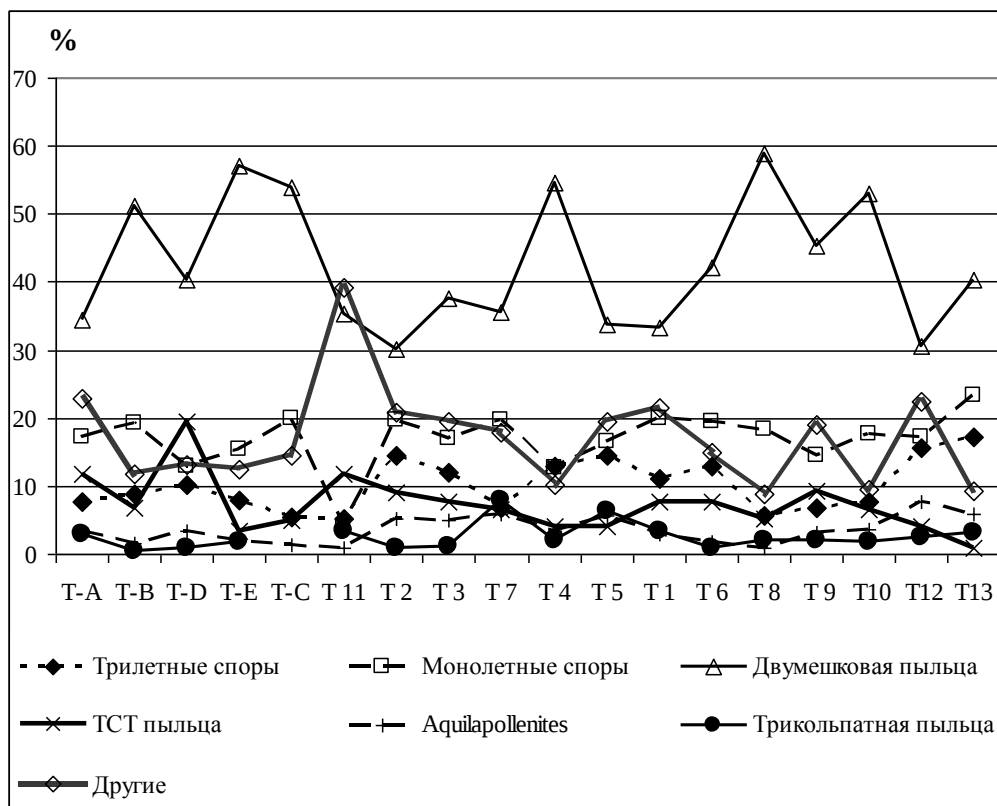


Рис. 7.7. Соотношение основных групп спор и пыльцы в палиноспектрах формации Тайпинлиньчан.

Сантонский и кампанский флористические комплексы кундурской свиты близки по составу. Для раннего комплекса характерно доминирование папоротника “*Asplenium*” *dicksonianum*.

Флористический комплекс формации Тайпинлиньчан включает 25 видов, из них 15 — являются общими с позднекундурским флористическим комплексом точки 16 (Golovneva et al., 2004; Маркевич и др., 2005 а, б). Кроме того, оба эти комплекса характеризуются общими доминантами: *Sequoia* sp., *Cupressinocladus* sp., *Trochodendroides lanceolata*, *T. taipinglinchana*, *Arthollia tschernyschewii*, *Platanophyllum* sp., *Celastrinites kundurensis*, *Quereuxia angulata*, *Cobbania corrugata*. В отличие от флоры кундурской свиты для таковой формации Тайпинлиньчан характерно большее обилие и разнообразие хвойных и более частая встречаемость платановых.

7.2.3. Маастрихтский ярус (нижняя часть)

Для палинокомплексов из местонахождения Асташиха, динозавровых костеносных слоев (местонахождения Лунгушань формации Юйлянцзы и Кундур цагайской свиты) характерно значительное сокращение участия и таксономического разнообразия спор папоротникообразных (рис. 7.8, 7.9). В составе голосеменных многочисленна пыльца *Ginkgocycadophytus*, а также таксодиевых. Разнообразно представлены гнетовые (6 видов, до 17 %). Близкие к сосновым и ногоплодниковым (10 видов) составляют незначительную часть комплекса (в сумме до 15 %). Среди покрытосеменных, которые стабильно доминируют, многочисленна пыльца, возможно, буковых и платановых. Увеличивается разнообразие пыльцы близких к ильмовым, лилейным, березовым, ореховым, восковниковым, ниссовым, санталовым, протейным и др. Участие трипроклатной пыльцы невелико, она представлена *Aquilapollenites cruciformis*, *A. quadrilobus*, *A. catenireticulatus*, *A. amygdaloides*, *Pentapollenites normales* Takah., *Fibulapollis mirificus*, *F. hamulatus*.

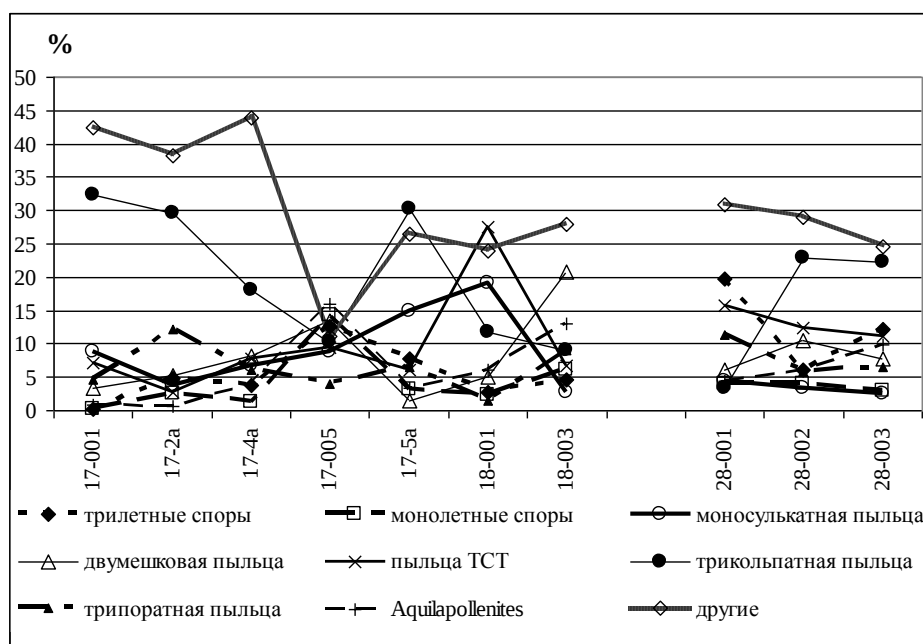


Рис. 7.8. Соотношение основных групп спор и пыльцы в палиноспектрах удурчуканской (нижнецагайской подсвиты) свиты.

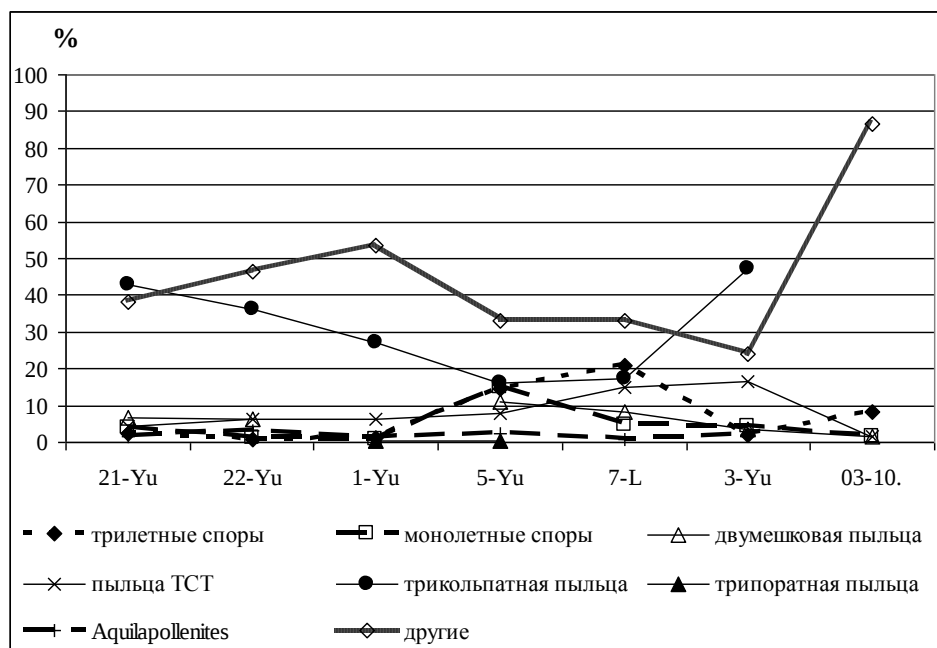


Рис. 7.9. Соотношение основных групп спор и пыльцы в палиноспектрах формации Юйлянцзы (местонахождение Лунгушань).

7.2.4. Маастрихтский ярус (средняя часть)

Палинокомплексы изучены из нижней части стратотипического разреза цагайанской свиты (обнажения 202, 200), из динозавровых местонахождений в г. Благовещенск, деревне Гильчин, на берегу р. Дим, а также из местонахождения Улага формации Юйлянцзы на правом берегу р. Амур (Флора и динозавры..., 2001; Маркевич и др., 2010; Markevich et al., 2010).

В палинокомплексах доминирует пыльца покрытосеменных (42-57 %). Среди спор велико разнообразие печеночных и сфагновых мхов, селягинелловых. Доминируют папоротники с монолетными спорами и близкие к циатейным, редки глейхениевые, схизейные, чистоустовые, матониевые. Среди голосеменных преобладают близкие к сосновым, а также ногоплодниковым. Возрастает участие таксодиевых, и сокращается *Ginkgocycadophytus* и *Gnetaceapollenites* (рис. 7.10, 7.11).

В таксономическом составе покрытосеменных фиксируются значительные перемены: доминируют цветковые (85 таксонов в раннем и 115 – в среднем маастрихте) главным образом, за счет появления и увеличения разнообразия растений, принадлежащих, по всей вероятности, к теплоумерен-

ным видам. Это в основном ильмовые, березовые, буковые, ореховые, ивовые и другие.

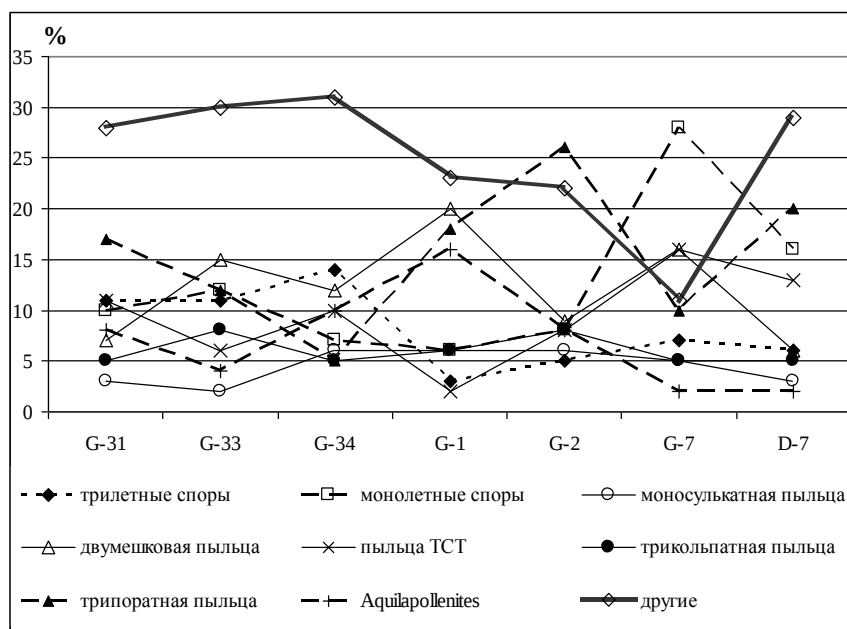


Рис. 7.10. Соотношение основных групп спор и пыльцы в палиноспектрах местонахождения Гильчин удурчуканской (нижнецагайянской подсвиты) свиты.

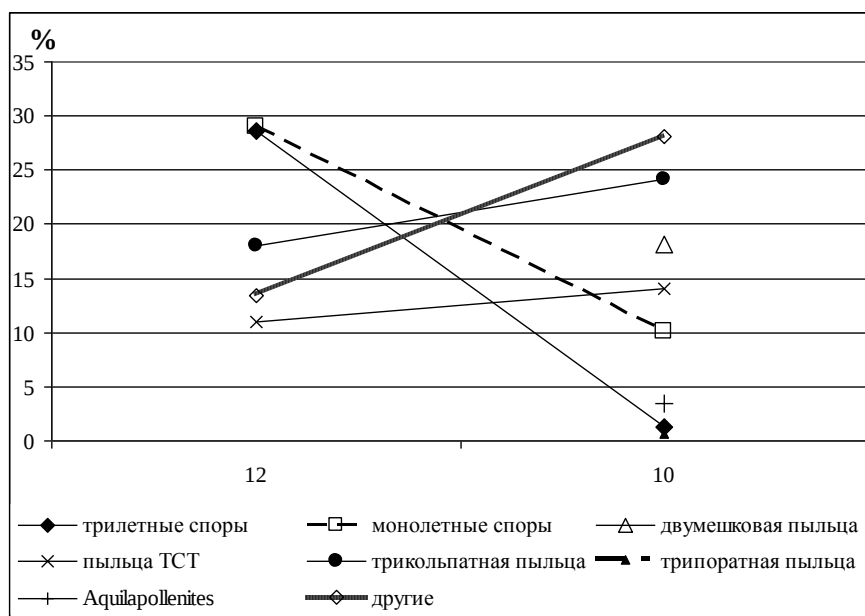


Рис. 7.11. Соотношение основных групп спор и пыльцы в палиноспектрах формации Юйлянцзы (местонахождение Улага).

Сокращается участие теплолюбивых растений, доминировавших в раннем маастрихте. Исчезают из растительных сообществ Вухасеае, Bombacaceae, Beaupreaidites и др. Разнообразие растений с трипроектатной пылью остается неизменным (22 и 20 видов). На смену некоторым в составе последних, вероятно, теплолюбивым видам, приходят другие, с большей толерантностью к условиям обитания, такие как *Aquilapollenites amolus*, *A. striatus*, *A. amicus* и другие.

7.2.5. Маастрихтский ярус (верхняя часть)

Палинокомплексы изучены из верхней части разреза междуречья Мутная-Удурчукан (обнажение 17, 28), стратотипического разреза цагайской свиты на горе Белая (обнажения 201, 160) и на горе Плоская, а также из формации Фужао (Флора и динозавры..., 2001, Markevich et al., 2010).

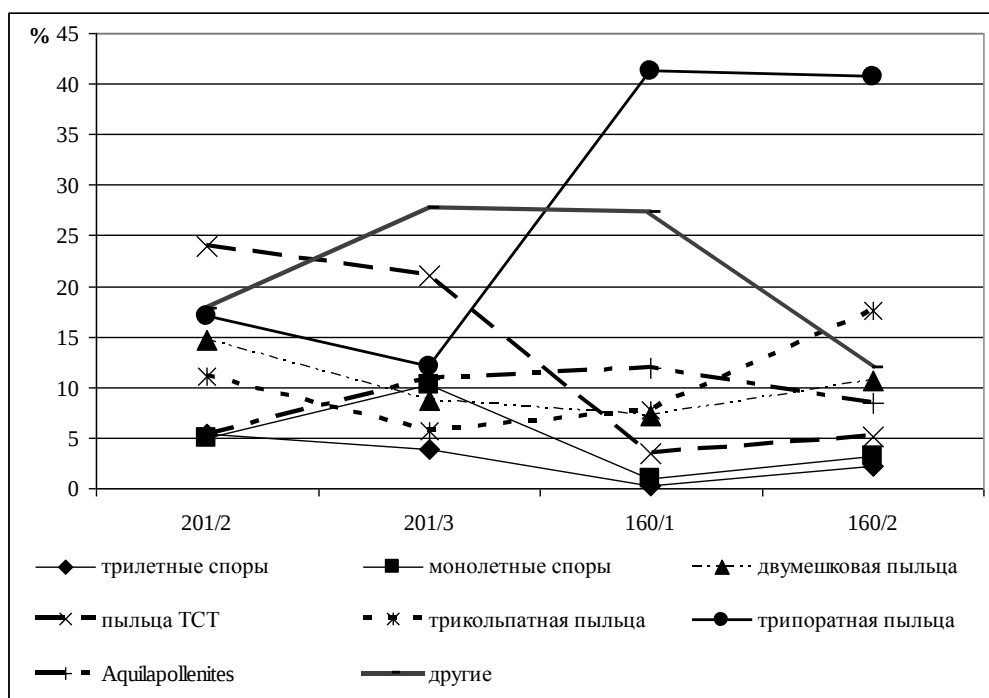


Рис. 7.12. Соотношение основных групп спор и пыльцы в палиноспектрах местонахождений 201 и 160 бурейской (среднецагайской подсвиты) свиты на г. Белая.

Покрытосеменные на этом рубеже демонстрируют высокие темпы эволюции, выраженные в активной динамике вымирания и появления новых видов, например, исчезают многие растения, продуцировавшие трипроектат-

ную пыльцу, существовавшие с сантон-кампанского времени и возникают новые – *Aquilapollenites trialatus* Rouse, *A. spinulosus* Funkh., *A. sentus* Sriv., *A. procerus*. Кроме них, появилась пыльца оригинального морфологического строения – *Anacolosidites primigenius* Zakl., *Kurtzipites tricuspidatus* Anders., *Lonquevipollis sibiricus* Chlon., *Altingia obovata* Meer и другие. Цветковые представлены растениями, продуцировавшими пыльцу главным образом трехпорового типа. Среди них наиболее характерны разнообразные *Triatriopollenites* (6 видов, до 43 %). Возросло участие теплоумеренных ильмовых, ореховых, платановых, буковых, березовых, восковниковых, гаммелидовых. Увеличивается участие водных растений с пыльцой типа “*oculata*” – до 23 %. Значительное их участие, а также близких к таксодиевым, дает возможность предположить довольно широкое развитие мелких водоемов и некоторую гумидизацию климата в позднем маастрихте. Таким образом, в таксономическом составе палинофлоры произошли изменения: замещение многих теплолюбивых видов цветковых теплоумеренными широколиственными.

В обнажении 28 были найдены растения *Equisetum* cf. *arcticum* Heer, *Taxodium* sp., “*Cephalotaxopsis*” sp., *Elatocladus talensis* Golovn., *Leptotoma samylinae* N. Nosova, *Nyssa* cf. *bureica* Krassil., *Diplophyllum amurense* Krassil., *Trochodendroides* ex gr. *arctica*, “*Platanus*” *raynoldsii* Newb. Доминируют в тафоценозе хвойные – *Elatocladus* и *Taxodium*. Покрытосеменные на вторых ролях. Л.Б.Головнева (1994) и А.Б.Герман (Головнева, Герман, 1992) указывали *Elatocladus talensis* для позднемаастрихтских флор Северо-Востока России. Прохорез этого растения с высоких широт до внутриконтинентальной впадины Приамурья может свидетельствовать о распространении на обширных территориях Востока Азии сходных климатических условий, вероятно, похолодания.

7.2.6. Датский ярус (нижняя часть)

Палинокомплексы происходят из точек 161, 162 стратотипического разреза цагайской свиты на горах Белая и Плоская и нижней части разреза Архаро-Богучанского угольного месторождения (Флора и динозавры..., 2001, Маркевич и др., 2005). В них доминируют покрытосеменные (от 27 до 90 %). Папоротникообразные (до 35 %) представлены, главным образом, *Polypodiaceae*. Среди голосеменных (8-42 %) доминируют близкие к сосновым, реже встречаются кипарисовые и таксодиевые. Резко сокращается число растений, продуцировавших пыльцу типов “*unica*” и “*oculata*”. Остаются лишь редкие *Orbiculapollis lucidus* и несколько видов из рода *Aquilapollenites*: *A. cruciformis*, *A. subtilis*, *A. insignis*, *A. procerus*, *A. spinulosus* Funkh., *Pentapollenites normalis*. Доминируют близкие к ореховым, березовым, восковниковым, мириковым и другие. Совершенно исчезают близкие к протейным, редкими становятся лорантовые и санталовые.

Детальные палеоботанические исследования Архаро-Богучанского угольного месторождения проводились М.А. Ахметьевым, Т.М. Кодрул, С. Манчестером, М.Г. Моисеевой, В.А. Красиловым. Самый богатый флористический комплекс характеризует глинистую пачку между пластами "Нижний" и "Двойной" (Ахметьев и др., 2002; Кодрул и др., 2006). В основании флороносной пачки глин преобладают тафоценозы с *Taxodium* (L.) Richard, *Sequoia* (D. Don) Endl., *Mesocyparis rosanovii* Kodrul, *Tekleva* et Krassilov, *Nyssa* L.; иногда доминирует *Dyana flexuosa* (Newb.) Golovn. Выше по разрезу по-прежнему доминирует *Taxodium*, локально обильны *Onoclea* L. и *Averrhoites* Hickey, реже встречаются *Mesocyparis rosanovii* и платановые. В тафоценозах верхней части глин *Taxodium* приобретает подчиненное значение, основная роль принадлежит однодольным. Затем доминантами становятся *Trochodendroides* Berry, *Zizyphoides* Newberry, *Beringiaphyllum* Manchester, Crane et Golovneva и платановые. Последние представлены остатками листьев и репродуктивных структур (Маслова, Кодрул, 2003; Маслова и др., 2007, Kodrul, Maslova, 2007). Можно предположить, что эти растения произрастали недалеко от места захоронения и не претерпели длительной транспортировки. Комплекс из глин кровли пласта "Двойной" включает таксодиевые, *Trochodendroides*, *Zizyphoides* и платановые (Ахметьев и др., 2002).

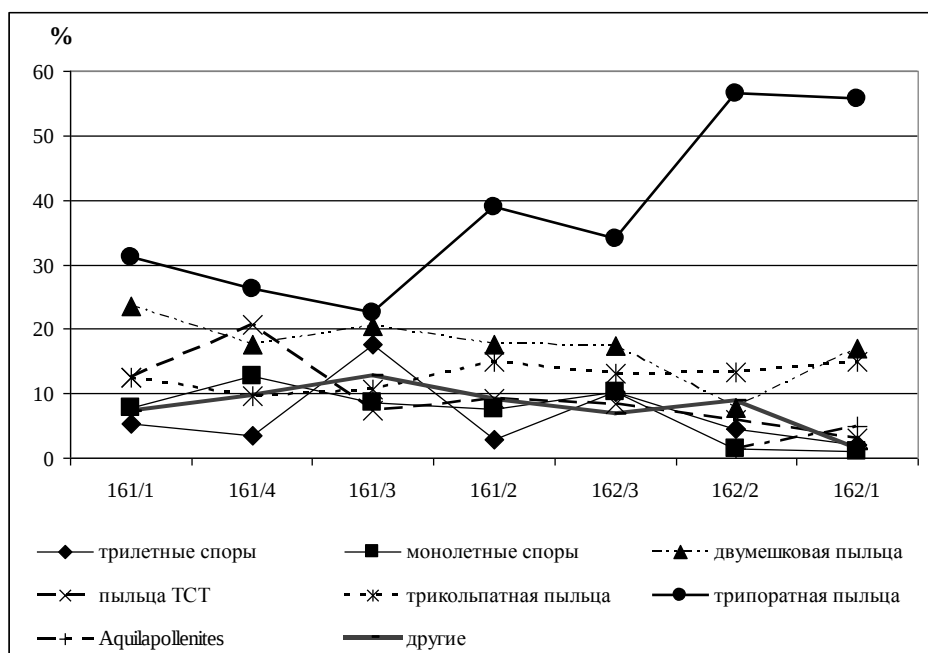


Рис. 7.13. Соотношение основных групп спор и пыльцы в палиноспектрах дармаканской (верхнецагайской подсвиты) свиты.

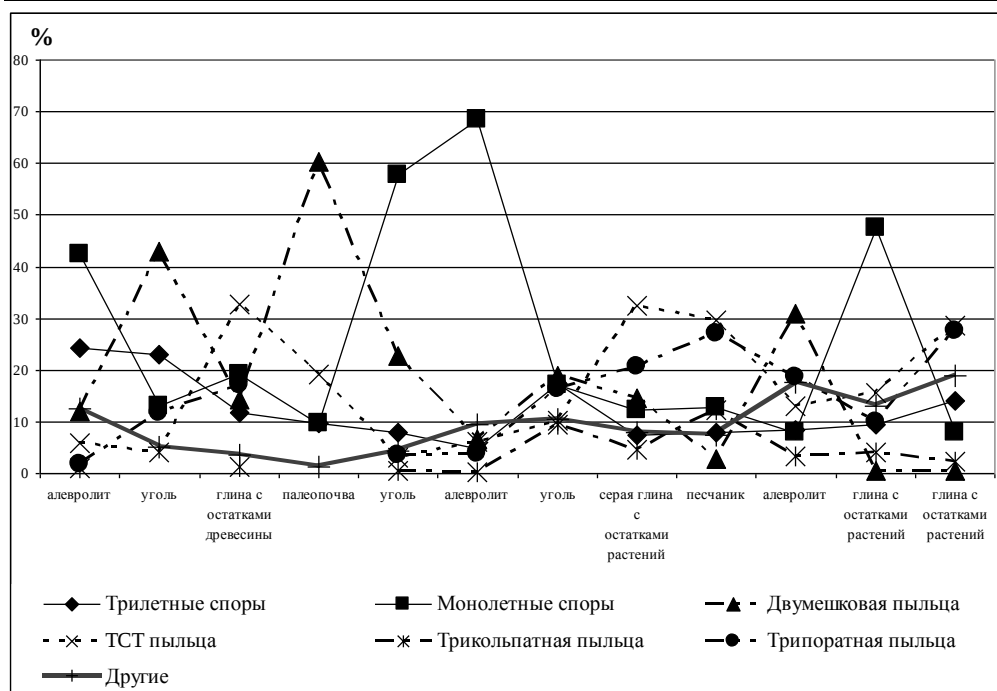


Рис. 7.14. Соотношение основных групп спор и пыльцы в палиноспектрах Архаро-Богучанского угольного месторождения дармаканской (верхнецага-янской подсвиты) свиты.

Из стратотипа цагайянской свиты (точка 162) и из обнажения на юго-восточном склоне горы Плоская (точка 169) на правом берегу р. Дармакан авторами были собраны растения *Marchantites* sp., *Equisetum* sp., *Onoclea hebridica* (Forbes) Johnson, *Pinus* cf. *trunculus* Dawson, *Taxodium olrikii* (Heer) Brown, *Metasequoia disticha* (Heer) Miki, *Androvettia catenulata* Bell, *Potamogeton* cf. *nordenskioldii* Heer, *Limnobiophyllum scutatum* (Dawson) Krassil., *Trochodendroides arctica* (Heer) Berry, “*Platanus*” *raynoldsii* Newberry emend. Brown, *Carinalaspermum bureicum* Krassil., *Nyssa bureica* Krassil., *Diplophyllum amurense* Krassil., *Alasia* sp. Этот комплекс во многом схож с комплексом, описанным В.А.Красиловым (1976) из других обнажений этого же стратотипа. По-видимому, цагайянская флора в основном происходит из слоев точки 162 и 169. В ориктоценозах обнажения 169 доминируют *Taxodium* и *Trochodendroides*, входивших в группировку прибрежной растительности, а в захоронениях, формировавшихся в удалении от береговой линии (обнажение 162) начинают преобладать водные растения *Limnobiophyllum*. Датский возраст флоры из стратотипа цагайянской свиты был доказан В.А.Красиловым (1976) на основании сравнения с флорами

Шпицбергена, Гренландии, верхней части свиты Форт Юнион в США, свиты Паскапу в Канаде.

7.2.7. Датский ярус (верхняя часть)

Палинокомплексы происходят из верхнецагаянской подсвиты — точка 163 разреза стратотипа цагаянской свиты Белой горы, средняя и верхняя части разреза Архаро-Богучанского угольного месторождения, разреза участков Пионер и Прогресс Райчихинского угольного месторождения, а также из формации Уюнь на правом берегу р. Амур (Флора и динозавры..., 2001, Маркевич и др., 2005; Markevich et al., 2010).

В них доминируют покрытосеменные (до 38 %). Папоротникообразные представлены в основном спорами Polypodiaceae (16 %). Среди голосеменных доминируют близкие к таксодиевым (более 22 %), в незначительном количестве участвуют близкие к сосновым, а также *Ginkgocycadophytus*. Становятся очень редкими растения с пыльцой типов «*unica*» и «*oculata*». Среди цветковых преобладают представители теплоумеренной флоры.

В глинах кровли угольного пласта "Двойной" Архаро-Богучанского угольного месторождения найдены побеги таксодиевых, листья *Trochodendroides*, *Zizyphoides* и платановых. В кровле и подошве пласта "Промежуточный" преобладают *Trochodendroides*, *Zizyphoides*, *Nyssidium*, *Nordenskioldia*, *Tiliaephyllum tsagajanicum* (Krysht. et Baik.) Krassil., "*Acer*" *arcticum* Heer. В подошве этого пласта была сделана уникальная находка крылатого плода *Dipteronia* (Ахметьев и др., 2002).

На участке «Пионер» Райчихинского угольного месторождения макро-остатки растений происходят из подугольных и надугольных (основная часть коллекции) слоев разреза (Ахметьев и др., 2002; The 2nd International Symposium ..., 2003). Было найдено большое количество остатков хвойных, прежде всего, представителей *Taxodiaceae* (*Metasequoia disticha* (Heer) Miki, *Taxodium dubium* (Strenb.) Heer, *Glyptostrobus europaeus* (Brongn.) Heer), а также *Cupressaceae* и *Pinaceae*. Значительно число отпечатков платановых, "*Acer*" *arcticum* Heer и *Trochodendroides arctica* (Heer) Berry. Обнаружены мужские соцветия *Alasia Golovn.*, предположительно принадлежащие растениям с листьями *Trochodendroides* (Головнева, 2006; Krassilov, Kodrul, 2008).

Считается, что в кивдинское время произошло значительное обновление флоры (Ахметьев и др., 2002). Несмотря на то, что доминантами растительных сообществ по-прежнему являются таксодиевые и *Trochodendroides*, существенную роль начинают играть березовые, мириковые и ильмовые (появляется характерный для раннепалеогеновых флор Дальнего Востока *Ulmus furcinervis* (Bors.) Ablaeu, описанный из богопольской и тахобинской свит

Восточного Сихотэ-Алиня и формации Уюнь Северо-Востока Китая (Аблаев, 1974; Feng et al., 2003). В спорово-пыльцевых спектрах эти изменения отражаются в увеличении роли пыльцы *Betulaceae*, *Myricaceae*, *Juglandaceae* и *Ulmaceae* при сохранении доминирующих позиций таксодиевых и сосновых.

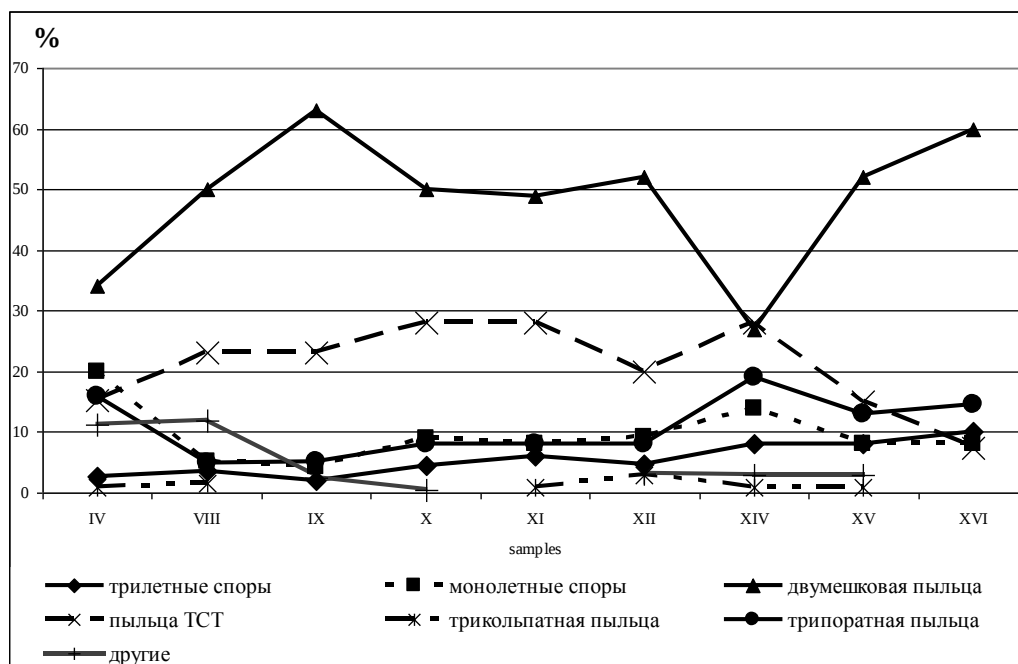


Рис. 7.15. Соотношение основных групп спор и пыльцы в палиноспектрах Райчихинского угольного месторождения (разрез Пионер) дармаканской (верхнецагайянской подсвиты) свиты.

В угольном карьере Уюнь были найдены остатки папоротников, гинкговых, таксодиевых (*Metasequoia disticha* (Heer) Miki, *Sequoia chinensis* Endo emend. Wang et Li, *Glyptostrobus* sp., *Taxodium* sp.), кипарисовых (*Thuja cretacea* (Heer) Newb.) и многочисленные покрытосеменные (Tao, Xiong, 1986; Fossil floras ..., 1995; Manchester et al., 1999; Feng et al., 2003; Wang et al., 2006; Герман и др., 2009).

При мацерации угля из мощного угольного пласта карьера Уюнь выделены ксилемные элементы древесины *Taxodiioxylon*, дисперсная кутикула листьев, в основном, представителей таксодиевых, а также многочисленная пыльца *Taxodiaceapollenites* (Markevich et al., 2010). Это свидетельствует, что основными растениями-углеобразователями были представители этой группы хвойных.

7.3. Динамика разнообразия сантон-датской флоры — как ответ на климатические изменения

Нами прослежены изменения таксономического разнообразия споровых, голосеменных и покрытосеменных растений на видовом и родовом уровнях с сантона по даний (Флора и динозавры..., 2001). Выявлено, что оно максимально для раннего маастрихта во всех группах растений, незначительно меньше для среднего. С уровнем наибольшего разнообразия флоры совпадает расцвет динозавров, причем разнообразие последних падает в среднем маастрихте с элиминацией в позднем. В конце маастрихта количество таксонов растений на обоих уровнях резко сокращается. В начале дания продолжилась редукция разнообразия споровых и голосеменных, в то время как покрытосеменные испытывают новый взлет, главным образом за счет анемофильных растений, вероятно, из-за создания благоприятных условий для ветроопыления. Также возрастание участия ветроопыляемых растений с позднего маастрихта в Зейско-Буреинской впадине может свидетельствовать о развитии здесь сезонности и облесения региона, поскольку анемофильные виды обычно преобладают среди эдификаторов лесов умеренной зоны (Красилов, 1972).

При проведении палеоклиматических реконструкций мы опирались на содержание термо-, ксеро- и гидрофильных элементов ископаемой флоры. Максимальное значение термофильных споровых отмечается для сантонской палинофлоры с постепенным понижением их участия до среднего маастрихта включительно и резким падением в позднем, а затем плавным незначительным подъемом в дании (рис. 7.16). Кривая голосеменных несколько иная. Пик участия теплолюбивых голосеменных во флорах приходится на кампанское время с плавным понижением по поздний маастрихт включительно и незначительным повышением в дании. Кривая покрытосеменных имеет следующие особенности: максимум термофильных элементов фиксируется для сантонского времени с довольно пологим спуском к раннему маастрихту. Она резко обрывается к среднему и имеет почти равные значения в промежутке от среднего маастрихта до позднего дания. Очень незначительный минимум проявлен в позднем маастрихте. Эта особенность последнего графика (почти одинаковое содержание теплолюбивых видов как в довольно теплом среднем маастрихте, так и в холодном позднем, а также в дании) может быть объяснена тем, что цветковые представляли собой молодую недавно возникшую группу с низким уровнем специализации видов.

Приведенные графики демонстрируют общую тенденцию в развитии климата, несмотря на колебания содержания термофильных элементов в споровых, голосеменных и покрытосеменных: наиболее теплыми были сантон, кампан и ранний маастрихт. Более прохладным был климат среднего маастрихта, кульминация похолодания имела место в позднем маастрихте. В дании

отчетлива тенденция к очень постепенному потеплению, по мнению многих исследователей, достигающему максимума в эоцене — времени формирования райчихинских слоев. Для флоры из этих отложений характерно значительное участие теплолюбивых видов. Она представляла собой лесную мезофильную широколистную со значительной примесью вечнозеленых элементов и заметным участием хвойных (Ахметьев, 1973; Красилов, 1976; Камаева, 1990).

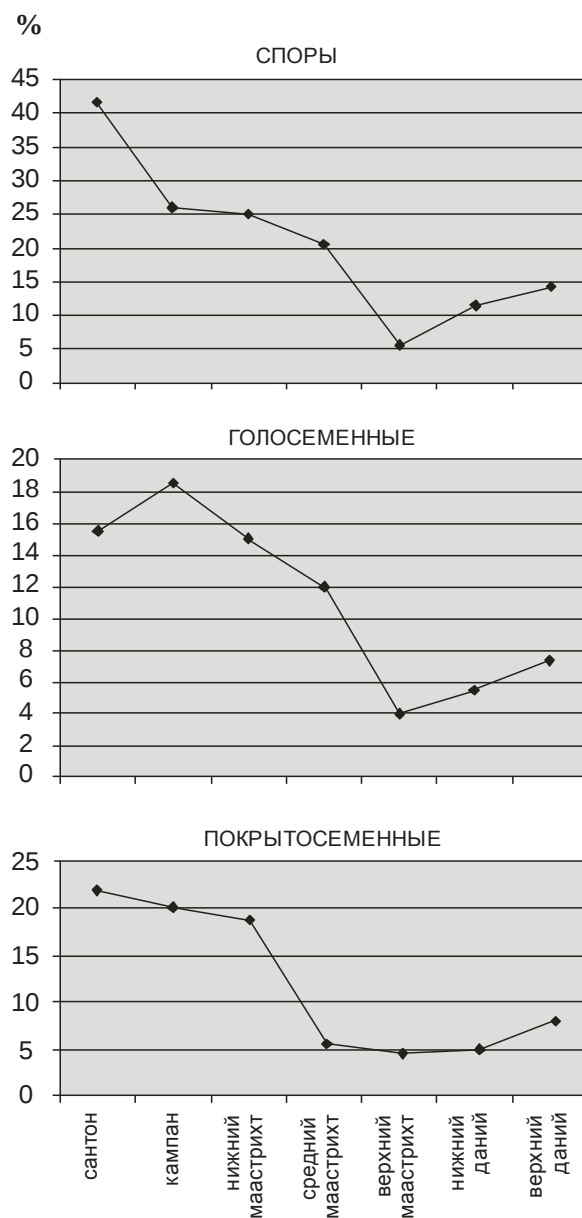


Рис. 7.16. Изменение содержания термофильных растений в сanton-датской палинофлоре Зейско-Буреинского бассейна.

Такой вид покрытосеменных, как *Trochodendroides arctica* в разрезах междуречья Мутная-Удурчукан появляется с позднего маастрихта и в ориктоценозах представлен довольно редкими экземплярами, в то время как в раннедатских захоронениях Белогорья этот вид доминирует. В конце мела и палеогене *Trochodendroides* был основным компонентом арктотретичной флоры Северного полушария, являясь показателем сезонности. В.А.Красилов (1976) реконструировал для датского времени Приамурья умеренно теплый климат с отчетливой сезонностью.

Приведенные выше климатические построения по палеоботаническим данным совпадают с результатами изотопного анализа, проведенного для верхнего мела Северо-Западной Пацифики (Zakharov et al., 1999). Согласно их выводам, постепенное потепление фиксируется в туроне-кампане, достигая температурного максимума в начале позднего сантона и начале позднего кампана, а температурного минимума — в раннем сантоне и, возможно, в раннем кампане. Начало маастрихта было еще теплым, затем температуры резко падают с небольшим повышением в середине позднего маастрихта. Похолодание предполагается для маастрихт-датского перехода. На первый взгляд это сходство палеоклиматических реконструкций поразительно, так как площади исследований удалены на тысячи километров, местонахождения формировались в различных обстановках, а результаты получены разными методами. Очевидно, что в силу выровненного позднемелового климата, палеотемпературный тренд был проявлен на огромной территории Северного полушария.

Среди растений наилучшим показателем ксерофитности являются гнетовые. Их участие в палинофлоре сантона довольно высоко, а в кампане становится минимальным, кульминируя, как и все другие группы растений, в раннем маастрихте. Оно снижается в среднем и в позднем маастрихте, достигая экстремально низкого значения в конце эпохи. Ранний маастрихт являлся временем расцвета гнетовых, что должно бы свидетельствовать о сухих условиях обитания. Это обстоятельство входит в противоречие с распространением озерных фаций в это время, доминированием таксодиевых в прибрежной растительности и водных покрытосеменных, существованием огромных гадрозавров с адаптацией к водному образу жизни, крокодилов и озерных черепах. Возможно, заболоченные приозерные низменности с оазисной влаголюбивой растительностью были окружены склонами с засушливой растительностью, в том числе и гнетовыми.

Основными показателями влажных условий считаются нами растительные остатки и пыльца таксодиевых, а также такие палиноморфы, как *Orbicularpollis* и *Wodehouseia*, доминирующие в позднемаастрихтской палинофлоре Зейско-Буреинской впадины. А.Ф.Хлоновой (1979) высказы-

валось предположение о влаголюбивости растений, продуцировавших пыльцу типа "oculata". Многочисленные листья и побеги *Taxodium* найдены нами в верхнем кампане, верхнем маастрихте, а также в дании, что может говорить о развитии заболоченных озерных побережий.

Также по литологическим данным, угли свидетельствуют об экстрагумидных условиях седиментации. Палеоценовое угленакопление явно говорит в пользу заболоченности обширных территорий бассейна и, соответственно, повышенной влажности.

7.4. Реконструкция палеообстановок

На основании вышеизложенных данных с учетом литологических особенностей верхнемеловых отложений сделан вывод о том, что в сantonе и кампане проявился термический оптимум во время седиментации кундурской свиты и формаций Юн'аньцунь и Тайпинлиньчан. Тогда территория бассейна была занята системой озер с богатой лимнофауной. В конце кампана происходит обмеление озерных котловин. Об этом свидетельствуют знаки ряби и фациальные замещения отложений зоны озерной профундали прибрежными, которые фиксируются в верхних слоях обнажения 15 междуречья Мутная-Удурчукан. Добавим, что здесь развиты карбонатизированные прослой, что может говорить о семиаридном типе литогенеза.

Удурчуканская свита и формация Юйлянцзы, сформировавшиеся в ранне- и среднемаастрихтское время, содержат специфические аргиллитоподобные глины зеленых оттенков с преобладанием монтмориллонита и довольно высоким содержанием каолинита. Всеми предыдущими исследователями указывалось, что зеленые глины имеют повсеместное распространение в пределах Зейско-Буреинского бассейна и могут служить маркирующими слоями (Братцева, 1969; Горбачев, Тимофеев, 1965; Сорокин, 1976; Regional geology ..., 1993; и др.). Исследование состава костеносных глин местонахождения Кундур, по данным П.Н. Колосова (лаборатория стратиграфии и палеонтологии Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск), показало, что они представляют собой продукт выветривания вулканического пепла и туфов, по всей видимости, дацитового состава. Возможно, что основные динозавровые местонахождения Приамурья, такие как Благовещенское и Кундурское, формировались следующим образом. Прошедшие после пепло-

падов ливни преобразовывались в грязевые потоки, сносившие в низины все лежавшие на равнине трупы животных и отдельные кости.

В раннем и среднем маастрихте Зейско-Буреинский бассейн представлял собой обширную равнину с сухими склонами и мелкими озерами. Она была занята саванноподобной растительностью, обильной, хорошо возобновляемой и пригодной для поддержания популяции больших растительноядных гадрозавров. Несмотря на предположения о теплокровности динозавров, либо более высокий уровень метаболизма, не присущий другим группам рептилий, все же они нуждались в теплом безморозном климате, необходимом для их жизнедеятельности.

Буреинская свита позднемаастрихтского возраста сложена в основном отложениями аллювиального генезиса. Глинистая фракция содержит незначительное количество каолина и довольно высокое — перемытого монтмориллонита (Флора и динозавры..., 2001). Фаунистических остатков в этом стратиграфическом подразделении не встречено, не считая переотложенных костей в обнажении разреза междуречья Мутная-Удурчукан. В палинофлоре резкие изменения таксономического состава захватывают все группы растительного сообщества. Сокращается видовое разнообразие среди растений с пыльцой типа "unica", а также теплолюбивых субтропических. В то же время отмечается всплеск пыльцы типа "oculata", которую продуцировали водные растения. В растительности начинают преобладать листопадные теплоумеренные виды. Среди голосеменных примечательно обилие пыльцы таксодиевых. Следует отметить, что в листовой флоре доминируют хвойные, в меньшей степени покрытосеменные. В совокупности все эти данные свидетельствуют в пользу гумидизации климата и нарастания сезонности. Можно говорить о деградации саванноподобного биома, неотъемлемой частью которого являлись динозавры, и формировании в позднем маастрихте биома умеренных широколиственных лесов, просуществовавшего до нашего времени. По всей вероятности, воздымание этого участка земной коры повлекло за собой соответственно континентализацию климата.

Граница между верхним маастрихтом и нижним данием фиксируется слоем черной глины, в средней части которого выявлен прослой риолитового туфа (Буреинское Белогорье). Вулканический материал мог быть транспортирован из районов активного кислого вулканизма, возможно, его поставляли вулканы Восточно-Азиатского вулканоплутонического пояса, один из максимумов эксплозивной деятельности которого проявился на границе маастрихта и дания (Красилов, 1985; Officer et al, 1987; Crocket et al., 1988; Михайлов, 1989 и др.).

Разрезы дармаканской свиты (ранний-поздний даний) сложены озерно-речными отложениями, более тонкообломочными, чем верхне-

маастрихтские, что может быть следствием выполаживания речного профиля. В раннем дании на территории Зейско-Буреинского бассейна сформировалась заболоченная речная равнина с небольшими озерами (доминируют *Taxodium* и часто встречается водное растение *Limnobiophyllum*), с благоприятными условиями для обитания папоротников. В позднем дании рельеф пенеппенизируется, терригенная седиментация меняется биогенно-терригенной с формированием углей. Можно предполагать для дания развитие сезонного климата с нарастающей гумидностью к концу века, обусловившей углеобразование.

Растения-углеобразователи Архаро-Богучанского месторождения представлены папоротниками и сосновыми. Однако палиноспектр из верхнего угольного прослоя, перекрывающего маломощный слой риолитового туфа, отличается от таковых из двух нижележащих углей более высоким участием (свыше 30 %) покрытосеменных. Возможно, болото было засыпано вулканическим пеплом. Эту вулканическую пустыню освоили покрытосеменные. Очевидно, цветковые, внедрившись в растительные сообщества заболоченных низин, заняли в них устойчивые позиции.

Выделяются две обстановки для времени формирования этого угольного месторождения — сначала существовали болота и заболоченные низменности, их сменили речные долины. С переменной палеосред тесно связано изменение состава растительности: на смену влажным хвойным долинным лесам с папоротниковым подлеском пришли широколиственные леса со значительным участием таксодиевых.

В состав растений-углеобразователей Райчихинского месторождения (участок Пионер) входят преимущественно растения, продуцировавшие двумешковую пыльцу. Пыльца таксодиевых находится на втором месте по значимости. Болотную растительность слагали хвойные и папоротники с некоторым участием покрытосеменных.

Территория нынешнего месторождения была занята проточным болотом, время от времени заливавшимся реками, выходившими из берегов во время наводнений.

В составе растений углеобразователей месторождения Уюнь основную роль играют таксодиевые, как по палинологическим, так и по палеоботаническим и палеоксилнологическим данным. Мощные угольные пласты этого месторождения формировались в обстановке облесенного болота, подобного современным заболоченным лесам с *Taxodium* и *Nyssa* на атлантическом побережье США. Относительно маломощные угольные прослои месторождений Архаро-Богучан и Пионер явно формировались в других условиях. Возможно, это были преимущественно безлесные бо-

лота, в местах впадения ручьев и рек в которые произрастали таксодиевые. По-видимому, двумешковая пыльца сосновых, занимавших окружающие склоны, беспрепятственно переносилась и захоранивалась в низинах, где шли процессы торфонакопления.

Возникает вопрос, почему в разновозрастных месторождениях Архаро-Богучанское и Райчихинское (участки Пионер и Прогресс) основные углеобразователи сосновые и папоротники, а в Уюне – таксодиевые? Для углей палеоценовой формации Форт Юнион в Северной Америке выявлена почти такая же ситуация — в палиноспектрах мощных угольных прослоев доминирует пыльца таксодиевых (до 75 %), в то время как в тонких прослоях ее значение резко падает до 6-8 % (Nichols, 1995). Это различие объясняется автором разницей в обстановках осадконакопления. В исследованных нами месторождениях на левобережье р. Амур угольные пласты малой мощности, а на месторождении Уюнь нижний пласт превышает 5 м (рис. 7.17). Мощные угольные пласты указывают на формирование в обстановке облесенного болота, современные аналоги которого можно найти в заболоченных лесах с *Taxodium* и *Nyssa* юго-восточной части США. В палиноспектрах из кластических междупластий Уюня резко возрастает роль двумешковой пыльцы сосновых, что явно говорит о ее привносе со склонов. Это же подтверждается и по фациальным признакам: песчаники, несомненно, формировались в речных условиях (Okada, 2004).

Таким образом, в течение сantonа-дания палинофлора претерпела значительные изменения своего таксономического состава в силу воздействия различных абиотических событий. В сantonе и кампане озера занимали обширные площади бассейна. Для палинофлоры этого времени характерно максимальное содержание термофильных элементов, что говорит о развитии климатического оптимума (рис. 7.18). Начавшееся в кампане тектоническое поднятие ведет к деградации озерной системы и формированию горного обрамления бассейна на фоне некоторого иссушения. Это событие кульминирует в позднем маастрихте наряду с нарастанием сезонности, контрастности и похолодания климата. На границе среднего и позднего маастрихта происходит вымирание динозавров и резкая смена растительных формаций. В раннем дании бассейн опять начинает прогибаться. Гумидизация климата достигает максимума — заболачивание значительных территорий приводит к торфообразованию.

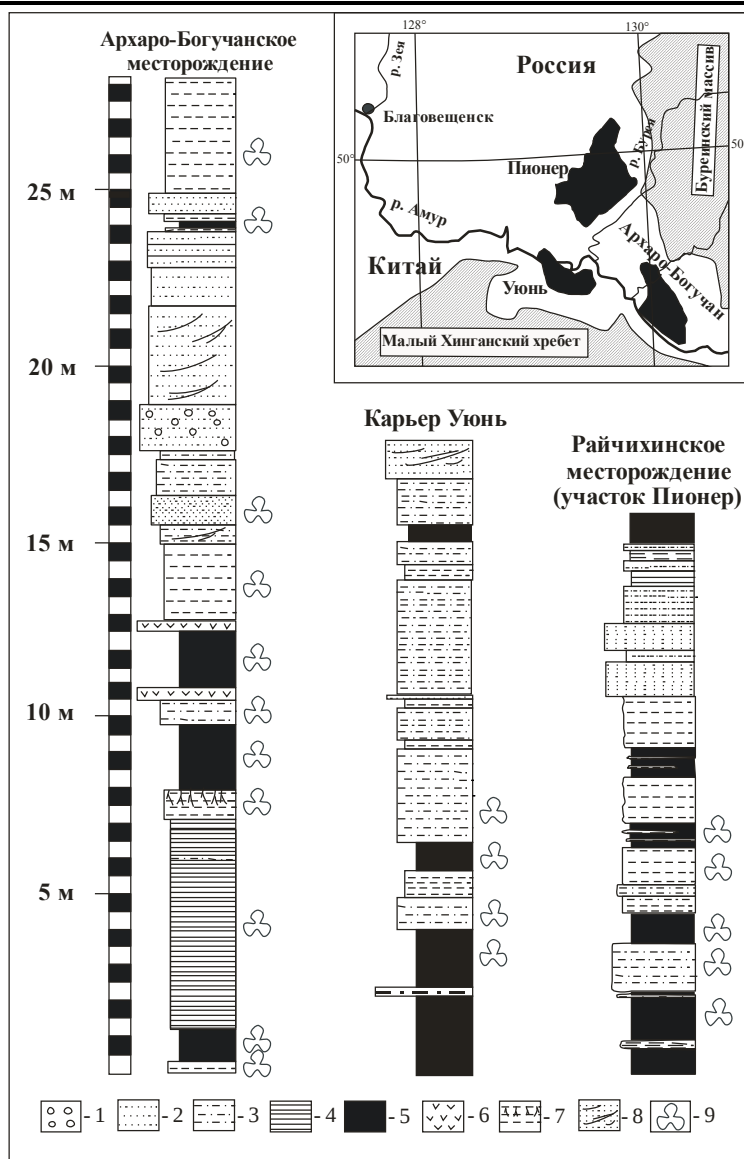


Рис. 7.17. Геологические разрезы Архаро-Богучанского, Уюньского и Пионерского угольных разрезов.

На врезке схематичная палеогеографическая карта времени формирования угольных месторождений Зейско-Бурейнского бассейна, где белым цветом показана долина; серым — склоны гор, обрамлявших долину; черным — заболоченные низинные участки; цифрами — угольные месторождения. Условные обозначения: 1 — конгломерат; 2 — песчаник; 3 — алевролит; 4 — глина; 5 — уголь; 6 — риолитовый туф; 7 — палеопочва; 8 — текстуры косой слоистости; 9 — места отбора палинологических проб.

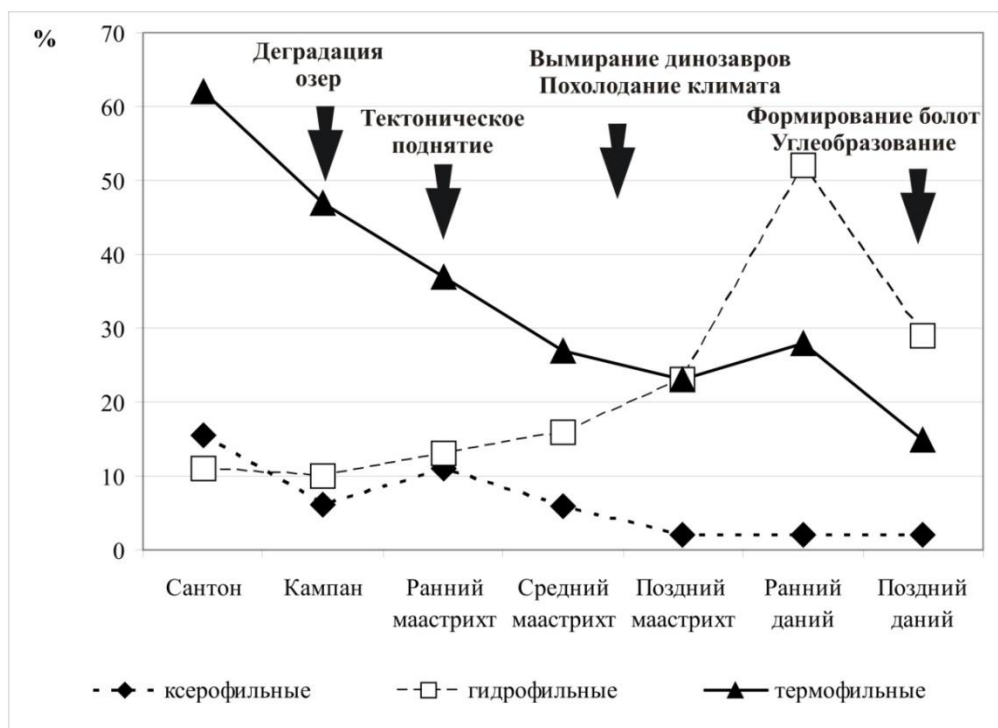


Рис. 7.18. Изменения содержания ксеро-, гидро- и термофильных элементов сантон-датской палинофлоры как реакция на абиотические события.