

ПРОБЛЕМА ВЫМИРАНИЯ НА ГРАНИЦЕ МЕЛА И ПАЛЕОГЕНА

В палеонтологической летописи фанерозоя есть отчетливо выраженные рубежи, на которых разнообразие биоты падает ниже обычного уровня и одновременно происходит смена доминирующих групп. Эти границы настолько очевидны, что еще в прошлом веке по ним была разработана общая геохронологическая шкала, в которой геологическая история Земли подразделена на эры, периоды, эпохи, века. Например, самое масштабное пермь-триасовое вымирание выразилось в исчезновении свыше 90% морских видов и около 70% семейств позвоночных на суше (Erwin, 1994). Массовые вымирания в прошлом нашей планеты неизменно привлекают к себе внимание исследователей. Человек осознает, что законы данных явлений неумолимы, и он сам как представитель животного мира может стать героем такой же драмы. События вымирания были различными по масштабу и представительности. Доминировавшие в разные эпохи трилобиты, панцирные рыбы, аммониты, динозавры и прочие не только сходят с исторической арены, но и вдруг "массово" вымирают. Детальные углубленные исследования этой проблемы показывают, что такие события происходят не сразу, не вдруг и не массово. Глобальное вымирание на мел-палеогеновой границе известно даже людям, далеким от науки, поскольку оно захватывает динозавров, широко популяризируемых в последнее время. При всех положительных моментах динозаврового бума, заострившего внимание на кризисе наземной биоты и исчезновении с лица Земли столь крупных животных, осталось в стороне вымирание таких обитателей морей, как аммониты, иноцерамы, белемниты, усонogie раки, морские ежи, фораминиферы, кораллы, брахиоподы и мн. др. Но вымирание звеньев наземных экосистем (растения, динозавры, млекопитающие, насекомые и др.) не может рассматриваться как изолированное явление, так как совпадает по времени с вымиранием морских организмов. Осложняющим фактором воссоздания структуры вымирания биоты является редкость полных непрерывных разрезов ввиду глобальной регрессии на границе мела и палеогена. Зачастую картина массового катастрофического вымирания обусловлена регрессивным несогласием, охватывающим несколько миллионов лет и создающим впечатление полного исчезновения типичных меловых таксонов. Следует сказать, что и в непрерывных морских граничных разрезах, таких как Сумайа в Испании и Губбио в Италии, фиксируется внезапное вымирание пелагических известковых микроорганизмов в интервале около 1 м (Percival, Fischer, 1977; Premoli Silva, 1977), что ясно указывает на масштабную и широко проявленную катастрофу. Кризису биоты на этом временном отрезке посвящены обширные исследования, особенно после публикации об открытии иридиевой аномалии в слое на границе мела и палеогена в разрезе Губбио и высказанного предположения о ее внеземной природе (Alvarez et al., 1980). Гипотеза вымирания динозавров вследствие падения некоего небесного тела привлекла всеобщее внимание и снискала большую популярность. Большинство американских ученых увлеклись картиной глобального катаклизма, когда падение на Землю гигантского астероида резко нарушает привычную, сложившуюся за многие миллионы лет среду, от чего гибнут растения и животные (Tschudy et al., 1984; R.H. Tschudy, B.D. Tschudy, 1986; Wolfe, Upchurch, 1986, 1987; Lerbekmoet al., 1987; Johnson et al., 1989; и мн. др.). Казалось очень заманчивым связать с

таким явлением, нарушившим нормальное развитие экосистем, исчезновение динозавров, доминировавших по всему земному шару. Тем не менее не все придерживаются такой точки зрения. Часть зарубежных ученых считает, что вымирание в конце мезозоя шло по таким же аналогичным сценариям, как и в протерозое, палеозое и мезозое, а изменения климата и среды проходили постепенно и плавно (Кауффман, 1986; Hickey, 1981, 1984; Spicer, 1989; и др.). Российские же ученые всегда были более склонны к эволюционным воззрениям, нежели катастрофическим, что и обусловило их критичный взгляд на гипотезу Альваресов (Красилов, 1985; Найдин и др., 1986; Головнева, 1994; Herman, Spicer, 1997; и др.).

Детальное изучение структуры вымирания, в том числе и на мел-палеогеновой границе, предпринятое Э.Дж.Кауффманом (1986), показало, что главное вымирание макробиоты тропических шельфов началось примерно в конце среднего Маастрихта и его первый импульс воздействовал на это сообщество сильнее, чем события конца мела повлияли на любые другие биоты. Им было также выявлено, что в умеренных областях это событие было менее драматичным и более постепенным при том, что оно также началось еще до конца Маастрихта. Недавно появились сведения о вымирании планктонных фораминифер незадолго до окончания маастрихтского века (Abramovich et al., 1998). Изучение представителей семейства Globotruncanidae, особенно обильных и разнообразных в видовом отношении, из верхнего Маастрихта Южного Израила показало, что в нижней зоне *Gansserina gansseri* явление вымирания еще отсутствует, в то время как в средней зоне *Abathomphalus mayaroensis* оно уже составляет около 40%. Считается, что основной импульс вымирания морской биоты приурочен к кровле этой зоны. В верхней зоне - *Plummerita hankenioides* — исчезло около 45% таксонов. Рубеж мела—палеогена пережило более 14% видового состава планктонных фораминифер.

Примечательно, что и в континентальных отложениях Приамурья на границе среднего и позднего Маастрихта наблюдается резкая редукция разнообразия флоры (рис. 6.4) с одновременным исчезновением динозавров из геологической летописи. Просто удивительны параллелизм в вымирании морских и наземных организмов и сходство реакции биоты на какое-то внешнее воздействие.

Известно, что меловое терминальное вымирание затронуло и морские, и континентальные биоты, но в разной степени. Мы попытались проследить это событие в верхнемеловых и палеогеновых стратиграфических последовательностях Зейско-Буреинской впадины и оценить его воздействие на палинофлору. При всех недостатках объекта исследования (например, невыясненное родство многих палиноморф, преобладание в палиноспектрах ветроопыляемых растений и т.д.) нас привлекла возможность проанализировать по разрезу смену таксонов, динамику видового и родового разнообразия, а также скорость оборота флоры. Но преимущества палинофлоры Приамурья, такие как высокое таксономическое разнообразие, обилие и хорошая сохранность спор и пыльцы, непрерывная последовательность по разрезу, в отличие от всех остальных групп ископаемых организмов, позволяют применить количественный анализ. Вслед за пионерными исследованиями сотрудников лаборатории членистоногих Палеонтологического института РАН, проанализировавших протекание альбского биоценологического кризиса по наземным насекомым (Меловой биоценологический кризис..., 1988), мы рискнули применить их разработки, используя палеоботанические данные. Нам показалось интересным проследить протекание экологического кризиса, используя разработки Н.Н. Каландадзе и

А.С. Раутиана (1993). Ими установлено, что при существенном различии кризисов в поздней перми, ранней—средней юре и альбе примечательно почти полное качественное совпадение симптомов этих процессов. Более того, А.А.Вахрушев подтвердил их выводы на современном материале, проанализировав начальные этапы становления сообщества птиц большого города (1988).

Мы исходим из того, что растения являются продуцентами нижнего трофического уровня в биоценозах, слагая основу наземных экосистем. Их реакцию на внешние воздействия демонстрируют изменения во флоре.

Ранее В.С.Маркевич анализировала уже меловую палинофлору Востока России с целью установления особенностей хода ее эволюции (1995). В числе прочего был вычислен индекс когерентности, позволивший выявить этапы когерентного (согласованного между членами ценоза) и некогерентного развития флоры. По терминологии В.А.Красилова (1969, 1977, 1985), первый из них отличает увеличение числа видов за счет дробления экологических ниш (специализация), вымирание таксонов компенсируется появлением новых; второй — значительный спад разнообразия, вымирание, не компенсируемое появлением новых форм, и основные эволюционные преобразования, резко стартующие в этот момент. Было установлено два события некогерентного хода эволюции меловой палинофлоры: в позднем альбе—туроне и на границе мела и палеогена. Теперь нам представилась возможность изучить эволюционные изменения флоры на границе двух эр, располагая детальными данными по сантону, кампану, Маастрихту, данию. Палеоэнтомологи исследовали протекание альбского биоценотического кризиса на уровне семейств, применяя данные широкого стратиграфического диапазона — от ранней юры по неоген включительно. Для экологических кризисов ими выделены подготовительная, парадоксальная, драматическая и успокоительная фазы (Меловой биоценотический кризис ..., 1988; Расницын, 1989). В силу специфичности палеоботанического материала нам пришлось проанализировать изменения флоры на родовом уровне.

Для сантон-раннедатских палинофлор Зейско-Буреинского бассейна был вычислен индекс когерентности K , предложенный В.В.Жерихиным (1979), но не на семейственном, а на родовом уровне. Суть индекса в том, что он отражает баланс вымирания и возникновения новых таксонов. На графике (рис. 7.1) кривая падает ниже нуля, показывая некогерентное развитие, соответствующее кризису, в интервале со среднего Маастрихта, кульминируя в позднем. Далее в раннем дании она поднимается, но положительных значений не достигает. Дальнейшие исследования палеоценовой и эоценовой флор позволили бы устранить брешь в наших познаниях относительно посткризисного восстановления.

Известно, что индекс когерентности отражает векторизованность изменений, независимо от их масштаба. Чтобы преодолеть этот недостаток, был предложен еще один показатель — индекс оборота фауны I_1 (Меловой биоценотический кризис ..., 1988). Мы вычислили индекс оборота флоры так же, как и предыдущий показатель, на родовом уровне с кампана по ранний даний (рис. 7.1). Кривая оборота флоры имеет минимальные значения в кампане, пик в раннем Маастрихте и довольно резко понижается к данию.

Также показателем устойчивости экосистем является их разнообразие (рис. 6.4). Интересно, что при довольно высоком таксономическом разнообразии палинофлоры в среднем Маастрихте ее развитие уже идет по некогерентному сценарию. На поздний Маастрихт приходится разгар экологического кризиса, выразившийся в разрушении прежней структуры растительных сообществ (раннемаастрихтская группировка *Taxodium—Quereuxia—Macclintockia* меняется в позднем Маастрихте на *Elatocladus—Taxodium—Trochodendroides*). По-видимому, в

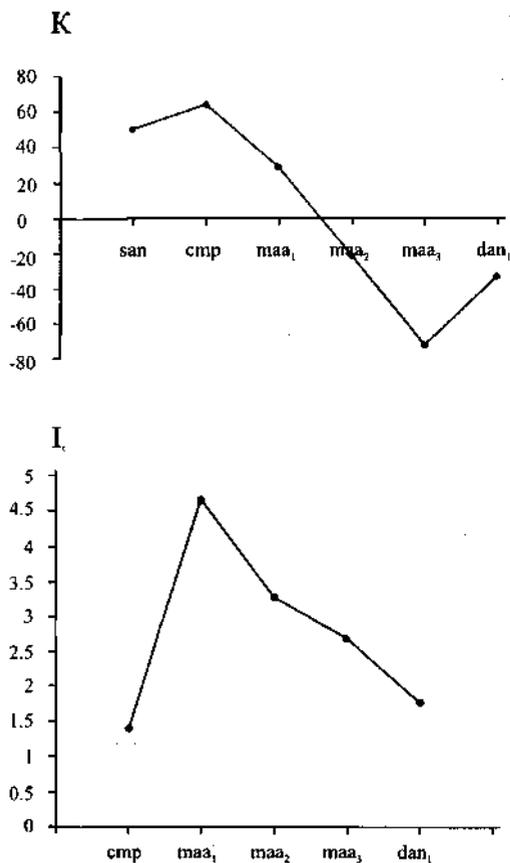


Рис. 7.1. Графики изменения индекса когерентности К и индекса оборота флоры I₁ с сантона по ранний даний

обществ реликтами говорит о незаполненности ценозов ввиду разрушения прежних сообществ и несформированности новых, наличии ценотического вакуума, дающего возможность архаичным элементам широко внедриться в растительные группировки. В позднем Маастрихте складывается, а в дании окончательно формируется растительная формация *Trochodendroides—Platanus—Taxodium*, получившая широкое распространение в Северном полушарии. Кривая индекса когерентности К на графике (рис. 7.1) показывает, что в раннедатское время баланс смен по-прежнему негативный, т.е. процесс вымирания все еще преобладает над процессом появления новых родов, но интенсивность последнего явно начинает нарастать.

Общая картина мел-палеогенового кризиса по палеоботаническим данным в целом следует сценарию, предложенному А.П.Расницыным, В.В.Жерихиным (Меловой биоценотический кризис ..., 1988; Расницын, 1989) для биоценотического кризиса по насекомым, Н.Н.Каландадзе и А.С.Раутиану (1993) по наземным юрским тетраподам, но имеет и особенности. Для альбского кризиса характерно резкое повышение общей скорости изменений таксономического состава на уровне семейств на подготовительной и драматической фазах, т.е. индекса оборота фауны. По нашим же данным, у индекса оборота флоры, вычисленного на родовом уровне, — пик в раннем Маастрихте на подготовительной фазе. И, несмотря на высокую скорость оборота флоры в среднем и

позднем Маастрихте наиболее ярко проявлены черты парадоксальной фазы: помимо уже упомянутого разрушения прежней структуры сообществ, резко падает разнообразие флоры, "всплывают" архаичные элементы, например, такие, как *Czekanowskia*, казалось бы, исчезнувшая еще в сантоне, а из палинофлоры — многие типичные для среднего мела споровые (*Selaginella kemensis*, *Foraminisporites asymmetricus*, *Leptolepiditestumulosus*, *Klukisporitesnotabilis*), а также обычные в сантоне—кампане цветковые *Aquilapollenites trialatus* и *A.amygdaloides*. В конце Маастрихта знаменательно увеличение разнообразия анемофильных растений, вероятно, пребывавших до сих пор в интерзональных экологических лакунах. Эта группа ветроопыляемых растений в дальнейшем становится доминантом. Парадоксальность этой фазы состоит в том, что негативный баланс смен, характеризующий спад общей динамики, обусловлен не усилением вымирания, а замедлением процесса возникновения новых таксонов. Факт обогащения нестабильных растительных со-

позднем Маастрихте и раннем дании, все же она гораздо ниже раннемаастрихтской (рис. 7.1). Отсутствие пика индекса оборота флоры в драматической фазе, вероятно, можно объяснить тем, что он был вычислен на родовом уровне. Для некогерентного этапа эволюции, совпадающего с апогеем кризиса, обычно характерно появление высших таксонов, что нашло отражение на графике альбского кризиса (Меловой биоценотический кризис ..., 1988) и, соответственно, не проявилось на нашем графике (рис. 7.1).

Таким образом, в Зейско-Буреинском бассейне нами изучена почти непрерывная последовательность палинофлор, что позволило проследить ее развитие в конце мела и начале палеогена. Изменения в составе флоры сопряжены с изменениями в осадочных средах, флюктуациями климата, появлением и исчезновением динозавров. Подтверждены закономерности протекания биотического кризиса, установленные по ископаемым насекомым. Максимум разнообразия биоты в Приамурье приходится на ранний Маастрихт, время локального климатического оптимума и стабильного тектонического режима региона (рис. 6.4). В среднем Маастрихте количество таксонов как флоры, так и динозавров незначительно сокращается при нарастании сезонности климата в начале поднятия горного обрамления впадины. В позднем Маастрихте при существенно сезонном гумидном климате и воздымании региона разнообразие флоры резко падает, а динозавры исчезают из геологической летописи. Это период архаизации флоры и преобладания процессов вымирания над появлением новых таксонов. В раннем дании разнообразие растет за счет анемофильных растений и папоротников при теплоумеренном сезонном климате с нарастанием гумидности и стабилизации тектонической обстановки.