

## Глобальные климатические изменения как фактор эволюции биосферы

Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Москва, "Недра", 1994. С. 285-294.

Поскольку климат оказывает воздействие на основные параметры - биомассу, продуктивность, накопление некромассы, биологическое разнообразие - всех без исключения экосистем, то глобальные климатические события оставляют глубокий след в эволюции биосферы. Большое число седиментационных, геохимических, палеонтологических и других признаков может быть использовано в качестве свидетельств и показателей климатических изменений. Не вдаваясь в анализ подобных показателей - им посвящена обширная литература - отметим лишь, что, они большей частью характеризуют в геологическом смысле мгновенные состояния климатической системы, которые затем экстраполируются на эпохи и периоды, измеряемые миллионами лет.

Чтобы избежать ошибок, связанных с экстраполяцией на большие промежутки времени данных, отражающих климатическую периодичность низших порядков, необходима обобщенная модель, основанная на показателях, скорость эволюции которых сопоставима со скоростью крупномасштабных климатических изменений. В качестве таковых предлагается использовать смещение границ планетарных фитоклиматических зон.

Фитоклиматическая зональность в общих чертах отражает широтное распределение солнечной радиации и атмосферных осадков по земной поверхности, в свою очередь контролируемое системой орбитальных, геологических и океанографических факторов. Зональное распределение наземной растительности фиксируется в геологической летописи, начиная с девонского периода, и положение основных рубежей с различной степенью достоверности отслежено для последних 350 миллионов лет геологической истории. В этой области еще много предстоит сделать как в фактологическом, так и в методологическом планах. Предложенную в настоящей работе схему долговременных климатических колебаний следует рассматривать как предварительную, резюмирующую первый этап палеофитоклиматических исследований.

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОНАЛЬНЫХ РУБЕЖЕЙ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ПРОШЛОМ

В современной системе фитогеографических зон рубежи в одних случаях отчетливые, в других - размытые в виде широких экотонов. В геологической летописи их положение нередко искажается тафономическими факторами (например заносом пыльцы древесных растений в степную зону). Даже плейстоценовые растительные формации, не говоря уже о более древних, отличались от современных необычными сочетаниями флористических компонентов.

Тем не менее, метод ближайших современных аналогов сохраняет определенное значение вплоть до палеоцена. Леса арктотретичного типа обычно считают предшественниками и фитоклиматическими аналогами современных хвойно-широколиственных формаций, тогда как сообщества полтавского или мадротретичного облика сопоставимы с лавролистными и жестколистными соответственно. Схема А.И. Криштофовича (рис. 1) основана на подобных сопоставлениях.

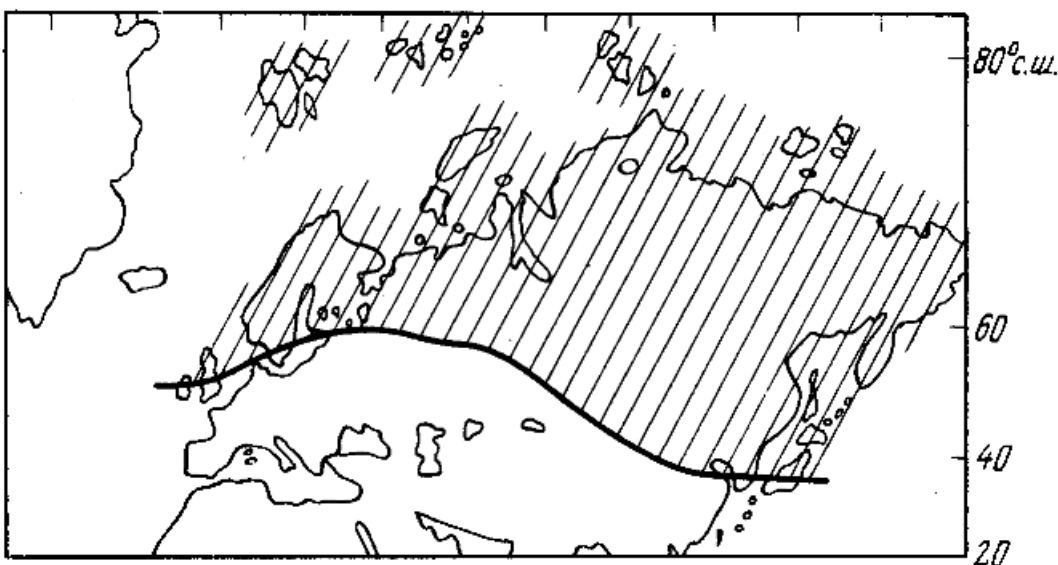


Рис. 1. Граница умеренной летневлажной и теплой сезонно сухой зон в палеогене (по Криштофовичу, 1955)

В докайнозойской фитогеографии метод ближайших современных аналогов практически не может быть использован (даже в тех случаях, когда устанавливается таксономическая общность, нет оснований экстраполировать экологические параметры на десятки миллионов лет). Основное значение здесь приобретают устойчивые во времени экоморфологические, палеоэкологические и тафономические признаки.

К наиболее важным ЭКОМОРФОЛОГИЧЕСКИМ признакам, определяющим жизненную форму растения, относится характер первичного и вторичного роста, ветвление, развитие укороченных побегов, подземных стеблевых структур, размеры листьев, строение листового края и способ опыления.

Среди ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ признаков основное значение имеют соотношение (спектр) жизненных форм и характер доминирования.

ТАФОНОМИЧЕСКИЕ признаки, например развитие листовых кровель и других сезонных образований (Красилов, 1972) или захоронение на месте произрастания в результате лавинообразного осадконакопления, а также содержание фюзена (признак лесных пожаров), дают существенную информацию о сезонной динамике климатических условий.

Даже весь набор признаков не может обеспечить надежное отслеживание всех вариантов зональных рубежей и, в частности, границ между древесной и недревесной растительностью, тропическими дождевыми и субтропическими лавролистными формациями и т.д. Наиболее четко выражена граница между листопадными и вечнозелеными зональными типами древесной растительности. Здесь происходит смена жизненных форм (например, лептокаульные формы сменяются пахикаульными), изменяется характер доминирования (моно- и олигодоминантность в отличие от полидоминантности), проявляются тафономические различия, связанные с листопадностью. В дальнейшем изложении основное внимание уделено этой границе.

В методическом плане формирование фитоклиматической схемы происходит поэтапно путем: 1) выдвижения гипотез по немногим критериям, 2) их апробации с привлечением больших массивов данных, 3) выявления новых критериев и 4) уточнения или замены первичных гипотез.

В частности, предварительная классификация юрской-раннемеловой растительности (Krasilov, 1972) была основана всего на трех доминирующих родах - *Phoenicopsis*, *Cycadeoidea* и *Pentoxylon*, каждый из которых представляет особую жизненную форму. Они сменяют друг друга с севера на юг в качестве основных доминантов и, как правило, не встречаются совместно. В дальнейшем выяснилось, что рубеж между областями *Phoenicopsis* и *Cycadeoidea* разграничивает также ареалы тонкостебельных филлолекоидных и толстостебельных хвощей, диксониевых папоротников с неспециализированными и афлебие-видными базальными сегментами, морфотипов *Parphaelia* и *Todites* среди осмундовых, являясь в то же время северной границей схизейных, магониевых и вейхзелисовых папоротников, беннеттитовых из группы *Ptilophyllum-Otozamites*, саговниковых с гигантскими пыльцевыми шишками, араукариевых и других южных групп хвойных. Иначе говоря, этот рубеж может быть распознан практически по любой группе мезозойских растений. Таким образом, было получено большое число дополнительных палеоботанических критериев, позволивших уточнить первоначальную схему.

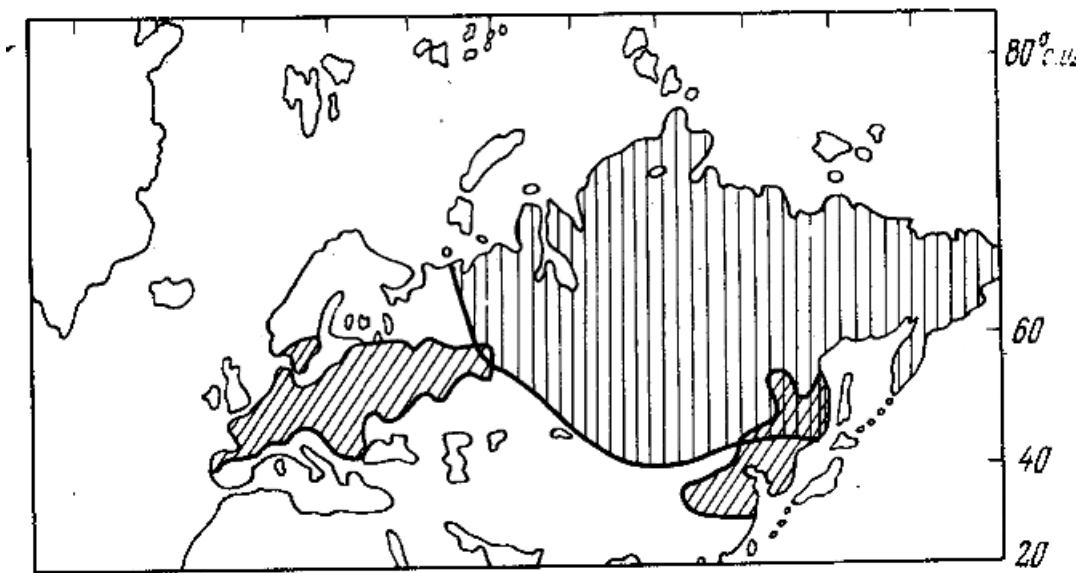


Рис. 2. Распространение широколиственных листопадных лесов в настоящее время (косая штриховка) и пермских войновскиевых лесов (вертикальная штриховка), последние по С.В. Мейену (в кн.: Палеозойские и мезозойские флоры, 1970)

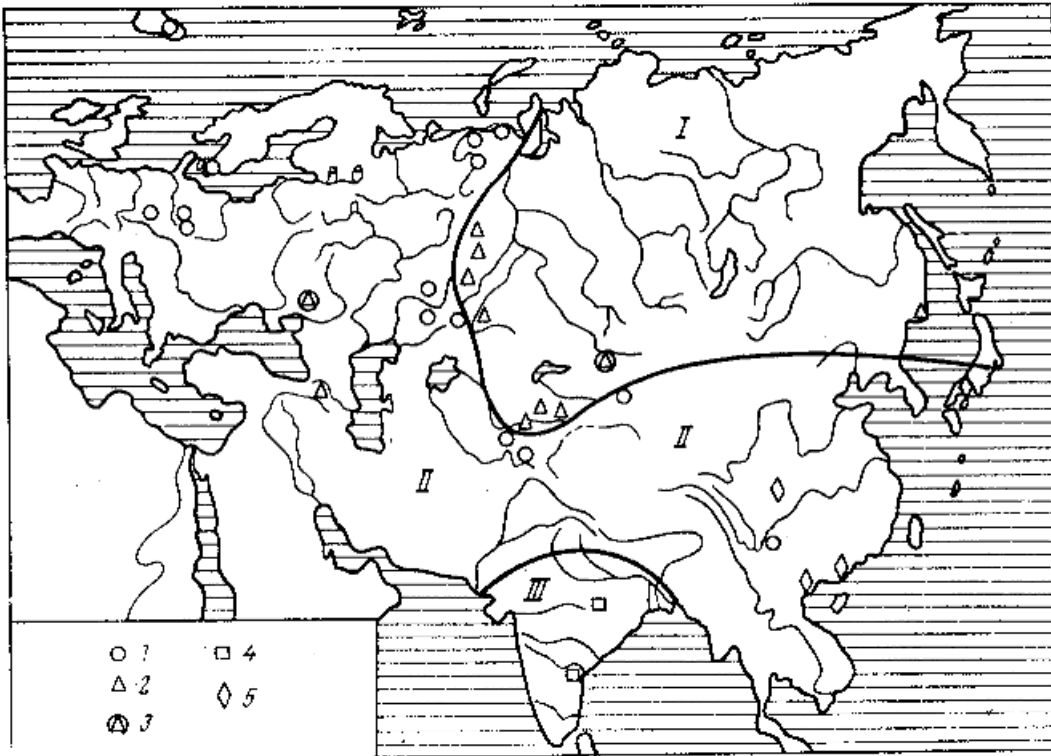


Рис. 3. Фитогеографическая схема для позднего триаса (по Красилову, Шороховой, 1975): 1 - *Scytophyllum*, 2 - *Phoenicopsis*, 3 - совместные находки (1) и (2). 4 - *Dicroidium*, 5 - *Goeppertella*

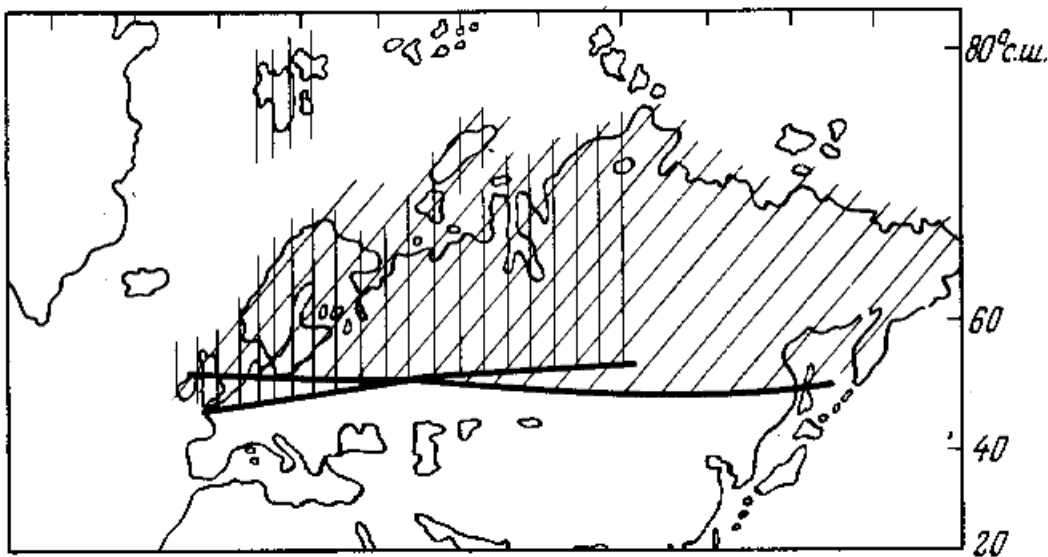


Рис. 4. Зональность в позднем девоне (вертикальная штриховка) и позднем мелу (косая штриховка)

Тот же подход в применении к более древним и более молодым периодам дала последовательность зональных схем (рис. 2-4), в которых основным критерием служит непрерывающееся (НП) или частично перекрывающееся со сменой доминирования (СД) распространение жизненных форм, характерных для летнезеленой и вечнозеленой зональной растительности:

Поздний мел	Parataxodium	Sequoia	СД
	Trochodendroides	Debeya	СД
Юра-ранний мел	Phoenicopsis	Cycadeoidea	НП
Поздний триас	Phoenicopsis	Scytophyllum	НП
Поздний карбон-пермь	Vojnovskya	Giganlopteris	НП
Поздний девон	Archaeopteris	Cyclostidma	СД

## КЛИМАТИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РУБЕЖЕЙ

Правомочность определения типов растительности прошлого в терминах современной зональности вызывает большие сомнения. Такие термины, как тропический, "субтропический" и даже "паратропический", скорее относятся к географическим координатам, чем к параметрам климата. В то же время эпитеты "жаркий", "теплый", "влажный" могут иметь различное значение для современной и минувших эпох. В отношении границы летнезеленых широколиственных и вечнозеленых древесных формаций можно достичь большой определенности, исходя из следующих закономерностей (рис. 5).

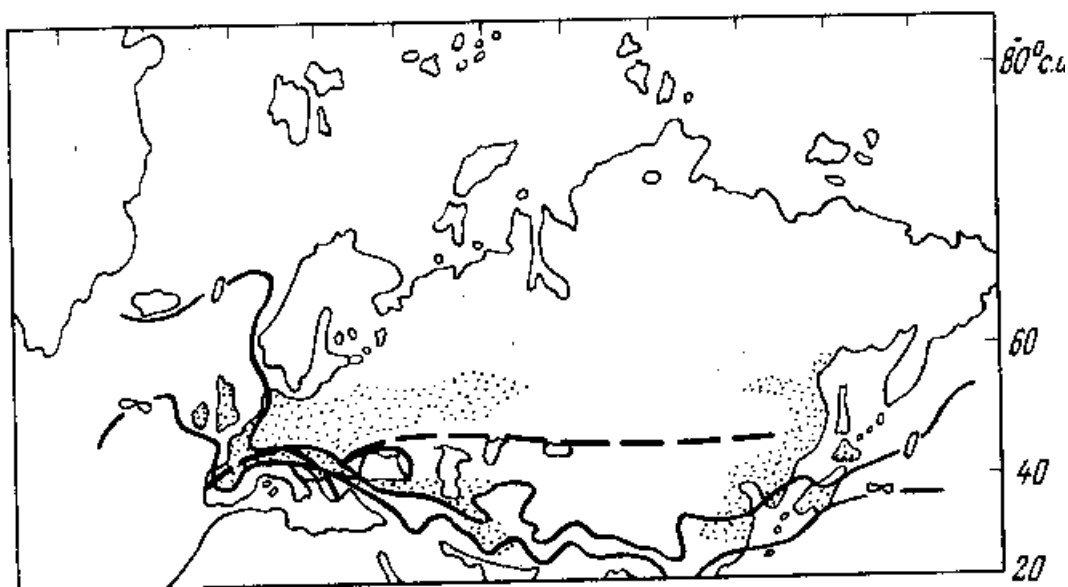


Рис. 5. Распространение листопадных широколиственных лесов (точки) по отношению к январским изотермам  $0^{\circ}\text{C}$  и  $8^{\circ}\text{C}$ . Пунктиром показана граница летневлажного и сезонно сухого климата

1. Умеренная зона распространения листопадных широколиственных лесов ограничена с юга январской изотермой  $8^{\circ}\text{C}$ .
2. Между январскими изотермами  $8^{\circ}\text{C}$  и  $0^{\circ}\text{C}$  широколиственные леса содержат значительную примесь вечнозеленых видов. Эта подзона выделяется как теплоумеренная. В современной Евразии она имеет максимальную ширину (около 500 км) на атлантическом и тихоокеанском побережьях, резко сужаясь в центральных районах (в прошлом она могла быть значительно шире).
3. В области распространения широколиственных лесов годовая сумма атмосферных осадков составляет не менее 500 мм.
4. В зоне широколиственных лесов сезонное распределение осадков равномерное или с летним максимумом. В условиях периодически сухого климата они сменяются жестколиственными формациями.

Если, основываясь на этих закономерностях, принять январскую изотерму  $8^{\circ}\text{C}$  в качестве границы теплоумеренного и теплого климата, то рубеж летнезеленых и вечнозеленых древесных формации пролегает между зонами умеренного летневлажного (УЛВ) и теплого сезонно сухого (ТСС) климата. Смещение этого рубежа означает изменения температуры и/или сезонного распределения осадков.

Анализ фитоклиматических схем (см. рис. 1-4) показывает, что в эпохи оледенения (включая современную) УЛВ имеет прерывистое распространение, ее границы разворачиваются субмеридионально (в связи с блокированием атмосферной

циркуляции полярного и субтропического фронтов). В безледниковые эпохи зона УЛВ непрерывна и более выдержана в широтном направлении, причем ее границы для позднего девона и позднего мела практически совпадают (свидетельство устойчивости орбитальных параметров в долговременном плане).

Температурный фактор, по-видимому, наиболее отчетливо проявился в смещении центральноазиатского сегмента границы как наименее подверженного воздействию трансгрессий и связанного с ними перераспределения сезонных осадков. Схемы 1-4 показывают смещение этого сегмента границы в следующих пределах (Красилов, 1985; Красилов, Шорохова, 1975; Криштофович, 1955; Палеозойские и мезозойские флоры, 1970):

Маньчжурские леса, современные	30 град. с.ш.
Арктотретичные леса, миоцен	35
Троходендронидные леса, палеоген	43
Паратаксодиевые леса, поздний мел	50
Феникопсисовые леса, ранний мел, юра	45
Феникопсисовые леса, поздний триас	35
Войновские леса, пермь, поздний карбон	38-40
Археоптериевые леса, поздний девон	54

Долговременные климатические колебания, соответствующие смещениям границы УЛВ/ТСС, показаны на рис. 6 (в принципе, можно перейти на температурную шкалу, принимая смещение на 200-300 км адекватным изменению температуры на 1 С). Эти ситуации невозможно объяснить одними колебаниями температуры, так как фитогеографическая зональность определяется также количеством и сезонным распределением атмосферных осадков. Поскольку этот фактор действовал постоянно, остается предположить меньшую чувствительность к нему растительности "азональных" периодов. Известно, что повышение уровня CO<sub>2</sub> сокращает потребление воды растениями, даст относительную независимость от условий увлажнения. Для достижения азонального эффекта уровень атмосферной CO<sub>2</sub> должен быть по крайней мере в два раза выше современного.

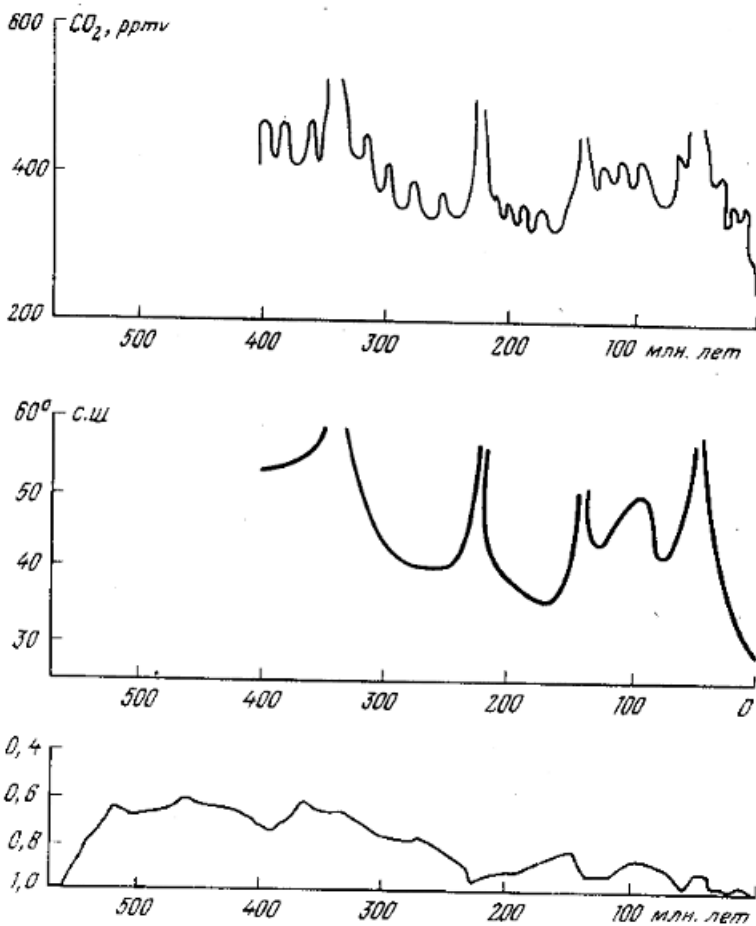


Рис. 6. Долговременные климатические колебания по смещению границы зон умеренного летневлажного и теплового сезонно сухого климата. Разрывы кривой соответствуют азональным эпизодам, предположительно связанным с парниковым эффектом. Для сравнения показаны гипотетическая кривая колебаний атмосферной CO<sub>2</sub> (вверху) и колебания уровня моря (по Wegner, 1990, внизу)

## ЭВОЛЮЦИОННЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Эволюционные события в мире растений, связанные с климатически обусловленными смещениями фитогеографических рубежей, развивались по следующей схеме: при сокращении УЛВ зоны в нее проникали элементы ТСС, которые на следующем этапе давали начало новым доминирующим формам УЛВ формаций (так доминанты мезозойских листопадных лесов - гинкговые, чекановские, сосновые - возникли в результате адаптивной радиации немногих родов пельтаспермовых и вольциевых).

Для крупных фитофагов экспансия УЛВ означала сокращение кормовой базы, так как продуктивность и регенерационная способность листопадных лесов значительно уступает соответствующим показателям жестколистных кустарниковых и других вечнозеленых формаций ТСС. По гипотезе В.А. Красилова (1991), в этом заключалась одна из основных причин вымирания меловых динозавров, наиболее крупные популяции которых обитали в пределах УЛВ/ТСС экотона вблизи 50 с.ш. и утратили кормовую базу в результате экспансии троходендронидных лесов на рубеже мела и палеогена.

Для человеческих популяций смещение фитогеографических границ имело аналогичное значение. Около 1 млн лет назад вытеснение австралопитека массивного ранними формами Homo было связано с низкоширотным остепнением. В историческое время великое переселение народов (IV-VIII вв.) имело в основе своей климатические изменения, вызвавшие смещение южной границы умеренной лесной зоны. Встречные процессы отмечены нашествиями степных кочевников, наиболее крупные из которых приходятся на XII в. до н.э. (арийцы), IV в. до н.э. (скифы), IV в. (гунны), XIII в. (татаро-монголы). Эта 800-летняя периодичность равна двум 400-летним циклам библейской истории.

Эти примеры показывают перспективность фитогеографического подхода для реконструкции полиритмических колебаний климата и связанных с ними эволюционных событий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыко М.И., Голицын Г.Р., Израэль Ю.А. Глобальные климатические катастрофы. - м.: Гидрометеиздат, 1986.
2. Будыко М.И., Ронов А.Б., Яншин А.Л. История атмосферы - Л.: Гидрометеиздат, 1985.
3. Вахрамеев В.А. Климаты северного полушария в меловом периоде и данные палеоботаники // Палеонтол. ж. - 1978. - № 2. - С. 3-17.
4. Жерихин В.А. Развитие и смена меловых и кайнозойских фаунистических комплексов. - М.: Наука, 1978.
5. Красилов В.А. Альб-сеноманская флора междуречья Качи и Бодрака (Крым) // Бюлл. МОИП / Отд. геол. - 1984. - Т. 59. - Вып. 4.-С, 104-112.
6. Красилов В.А. Палеоэкология наземных растений. - Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1972.
7. Красилов В.А. Меловой период. Эволюция земной коры и биосферы. -М.: Наука, 1985.
8. Красилов В.А. Очерк ротационной геодинамики // Тихоокеанская геология. - 1991. - NS 1. - С. 89-95.
9. Красилов В.А. Климатические изменения: предотвратить или приспособиться? // Природа. - 1992. - №5. - С. 66-70.
10. Красилов В.А. Охрана природы. Принципы, проблемы, приоритеты. -Казань, 1992.
11. Красилов В.А., Шорохова С.А. Триасовые геофлоры и некоторые общие принципы палеофитогеографии // Ископаемые флоры Дальнего Востока. -Владивосток, 1975, С. 7-16.
12. Криштофович А.Н. Развитие ботанико-географических областей северного полушария с начала третичного периода // Вопросы геологии Азии. Т. 2. - М.-Л.. 1955.- С. 824-844.
13. Палеозойские и мезозойские флоры Евразии и фитогеография этого времени / В.А. Вахрамеев, И.А. Добрускина, Е.Д. Заклинская, С.В. Мейен -М.: Наука, 1970.
14. Шварцбах М. Климаты прошлого. - М.: Изд-во иностр. лит., 1955.
15. Ясаманов Н.А. Палеотермометрия юрского, мелового и палеогенового периодов некоторых районов СССР // Бюлл. МОИП. Отд. геол. - 1980.-Т. 55; № 3. - С. 117-125.
16. Ясаманов И.А. Принципы климатических колебаний в фанерозое // Известия АН СССР, Сер. геогр. - 1991. - №1. - С. 20-35.

17. Berner R.A. Atmospheric carbon dioxide levels over Phanerozoic time // Science, 1990., vol. 249. p. 1382-1392.
18. Cerling T. Carbon dioxide in the atmosphere: evidence from Cenozoic and Mesozoic paleosols // American Journal of Science, 1991, vol. 291, p. 377.
19. Freeman K.N., Hayes J.H. Fractionation of carbon isotopes by phytoplankton and estimates of ancient CO<sub>2</sub> levels // Global Biochemical Cycles, 1992, vol. 6, p. 185.
20. Krassilov V.A. Climatic changes in eastern Asia as indicated by fossil floras. 1. Early Cretaceous. 2. Late Cretaceous and Danian // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1973, vol. 13, p. 261-273; 1975, vol. 17, p. 157-172.
21. Marstoll J.B., Oppenheimer M., Fajita R.H., Gaffin S.R. Carbon dioxide and temperature // Nature, 1991, vol. 348, p. 573-574.
22. McCave J. Depositional features of organic carbon-rich black and green mudstones at DSDP sites 386 and 387. Initial reports of the DSDP, Washington, 1974, vol. 43, p. 411-416.

[виза в египет](#). Новые [раскраски](#), скачать