

Н.А. ЯСАМАНОВ

ПОПУЛЯРНАЯ
ПАЛЕО-
ГЕОГРАФИЯ



Николай Александрович Ясаманов

Популярная палеогеография

Введение

Внимание людей всегда привлекают необычные объекты и явления. Их интересуется все новое и неизведанное. В глубокой древности люди с восхищением и страхом наблюдали извержения вулканов, землетрясения, солнечные затмения. Имеются самые нелепые с современных позиций объяснения многих природных явлений. Долгое время люди придерживались фантастических взглядов на происхождение и последующую историю Земли. В трудах мыслителей древности и различных сказаниях предлагались разные версии о всемирном потопе, велась речь о мифических странах, населенных диковинными животными, о райских садах и т. д. На протяжении многих тысячелетий господствовало мнение, что создание Земли имело божественное начало. Это и нашло отражение в Ветхом завете[1]. Постулаты всех религий так или иначе утверждали божественный акт. Признание неизменности лика Земли со времени его создания, отсутствия эволюции животного и растительного мира полностью исключало какой-либо научный подход. Опровержение церковных догм сурово каралось. Однако заложенное в человеческом сознании стремление познать природу вещей, выявить причинно-следственные связи и связать прошлое с настоящим и будущим тем не менее приводило к накоплению фактов, противоречащих религиозным догмам.

Передовые мыслители древности убеждались на конкретных примерах, что рельеф земной поверхности, растительный и животный мир, точнее все то, что теперь принято относить к ландшафту, с течением времени изменялись. Дошедшие до нас труды древних ученых хотя и имеют в настоящее время лишь исторический интерес, поскольку в них научные выводы часто переплетаются с фантастическими домыслами, но в некоторых из них встречаются блестящие и глубоко научные идеи, подтвержденные многими и многими поколениями. Так, по мнению Аристотеля (384–322 гг. до н. э.), ландшафт изменялся под влиянием медленных опусканий и поднятий земной поверхности. Первые обоснованные данные об изменениях физико-геологических усло-

вий прошлого появились в трудах среднеазиатский мыслителей средневековья. Аль-Бируни (972—1048 гг.), Абу-Али Ибн-Сина (Авиценна, 980-1037 гг.), а позднее и западноевропейские ученые эпохи Возрождения высказывали идеи о существенном изменении лика Земли. Например, Леонардо да Винчи (1452–1519 гг.) на основании находок скелетов морских животных высоко в горах Италии сделал предположение о том, что эти районы в древности были покрыты морем.

Основы учения о геологическом прошлом в России заложил М. В. Ломоносов (1711–1765 гг.). В книге «О слоях земных» в 1763 г. он писал, что «Русская равнина, по которой ныне люди ездят, обращаются, ставят деревни и города, в древние времена была дном морским». Он считал, что климат Сибири в прошлом был теплее, чем ныне: «В северных краях в древние века жары бывали». Об этом же, по его мнению, свидетельствовали «следы трав индейских..., раковины морских моллюсков, обитающих теперь в морях под жарким поясом».

Это были первые, порой наивные попытки объяснить изменчивость Земли. Только в XIX в. благодаря передовым идеям в естествознании коренным образом изменились взгляды ученых на происхождение и развитие Земли. Стало ясно, что земная кора сравнима с книгой, в которой условными знаками написана история Земли, а слои и напластования пород представляют собой ее страницы. Поэтому если умело подобрать ключ к этим условным знакам, то можно с интересом прочесть историю нашей планеты.

Реконструкцией физико-географических условий, существовавших на Земле в далеком геологическом прошлом, занимается наука, называемая палеогеографией. В то время как географ изучает особенности физико-географической среды современной эпохи, т. е. рельеф земной поверхности, распределение суши и моря, циркуляцию воды и атмосферы, климат, распределение растительного и животного царства, палеогеограф восстанавливает физико-географическую обстановку различных периодов эпох далекого прошлого.

Для получения достоверных сведений о природных условиях, существовавших на Земле, необходимо знать условия современного осадконакопления и характер местообитания животных и растений. Только полный и всесторонний анализ осадконакопления, современной биосферы и процессов, протекающих на земной поверхности, правильное их применение при палеогеографических исследованиях позволяют создать верную картину физико-географической обстановки геологического прошлого. Эти сведения улавливаются по тем фрагментарным документам гео-

логической летописи, которые оказались запечатленными в составе, строении и распространении горных пород и различных окаменелостей.

Метод реконструкции явлений и процессов, протекавших в отдаленные от нас эпохи, основанный на аналогии с современными процессами, носит в геологии название метода актуализма. Он основывается на двух весьма важных положениях. Во-первых, законы природы оставались неизменными в течение всей геологической истории. Во-вторых, в течение всего хода геологического развития Земли действовали те же самые процессы, что и ныне, и темпы этих далеких процессов мало отличались от современных. Таким образом, изучая настоящее, мы глубже и, главное, правильнее можем познать прошлое и видеть реалистические перспективы развития процессов в литосфере и атмосфере.

Периодизация истории Земли

По современным представлениям, Земля, как и остальные планеты Солнечной системы, образовалась около 4,6–5 млрд. лет назад из допланетного холодного газопылевого облака, вращающегося по определенной орбите. О первом миллиарде лет жизни нашей планеты почти полностью отсутствуют какие-либо фактические данные. Предполагается, что она в то время была довольно однородной по составу и относительно холодной. Ее ландшафт был подобен ландшафту современной Луны.

Земная поверхность находилась под непрерывным «обстрелом» планетеземалей — астероидоподобных объектов размерами в километры, образованных в результате слипания комков межзвездной пыли. За счет соударения крупных планетеземалей температура постепенно возрастала. В первые 500 млн. лет существования Земли никакой атмосферы еще не было. По земной поверхности гулял солнечный ветер, т. е. распространялись потоки заряженных частиц. Так называемый догеологический этап развития Земли завершился в тот момент, когда произошло перераспределение масс вещества в теле планеты с образованием ядра. Этот процесс сопровождался бурным выделением тепла. Благодаря мощным конвективным потокам была взломана и переработана верхняя (холодная) оболочка Земли. Через многочисленные жерла из глубин на земную поверхность было выброшено огромное количество газов и водяного пара, которые и образовали первичную атмосферу. Это, по-видимому, случилось около 4 млрд.

лет назад.

Само собой разумеется, что разделение истории Земли на до-геологический и геологический этапы довольно условно. Положение возрастной границы между ними отодвигается по мере выявления все более древних горных пород.

Основными критериями для периодизации геологической истории Земли являются процессы и события, приведшие к качественным изменениям состава и структуры географической оболочки, которую составляют литосфера, биосфера, гидросфера и атмосфера. Примерами таких знаменательных событий служат не только возникновение атмосферы, гидросферы и биосферы, но и главным образом преобразования, отразившиеся на внешнем облике нашей планеты, — интенсивное проявление магматизма, горизонтальных и вертикальных движений земной коры, а также возникновение и расселение организмов и т. д.

Обычно все геологические исследования начинаются с изучения состава отложений и установления их возраста (геохронологии), так как без этого невозможно восстановить геологическую историю. Существует ряд методов, с помощью которых определяется относительный возраст горных пород. Первую информацию дают в основном последовательность напластований в ненарушенном состоянии (нижележащие породы древнее вышележащих), состав отложений и окаменелости, заключенные в них. С помощью изучения ископаемых остатков выявляется последовательная смена неповторяющихся в разрезах фаунистических, флористических и палинологических (спорово-пыльцевых) комплексов, которые одновременно отражают этапность их исторического развития. Неповторимость комплексов организмов основывается на главном принципе эволюционной теории — необратимости эволюции.

С помощью палеонтологических и стратиграфических методов устанавливается относительная геохронология, которая, однако, не дает реального представления о продолжительности геологических периодов и не позволяет судить об истинном возрасте Земли. После открытия естественной радиоактивности геологи получили надежный метод определения абсолютного возраста горных пород, основанный на процессах радиоактивного распада атомов таких элементов, как уран, торий, калий, стронций, рубидий, цезий, углерод и другие, в изверженных и осадочных горных породах.

Номер эпохи	Название тектоно-магматической эпохи	Средний возраст, млрд лет
20	Альпийская	0.05
19	Киммерийская	0.09
18	Герцинская (Варисцидская)	0.26
17	Каледонская	0.41
16	Салаирская (Позднебайкальская, Сардская)	0.52
15	Катангинская (Раннебайкальская, Ассиитская, Кадомская, Железногорская)	0.65
14	Делийская (Дальсландская)	0.86
13	0.93
12	Гренвильская (Сатпурская)	1.09
11	1.21
10	Готская (Медвежьеозерская, Мазатцальская, Кибарская, Эльсонская)	1.36
9	1.49
8	Карельская (Гудзонская, Свекофенская, Буларенидская, Лаксфордская)	1.67
7	1.83
6	Балтийская (Эбурнейская, Пенокийская)	1.98
5	(Раннекарельская)	2.23
4	(Альгомская)	2.44
3	Кеноранская (Беломорская, Лаврентьевская, Родезийская, Шамваянская)	2.70
2	Кольская (Трансваальская, Саамская)	3.05
1	Белозерская	3.54

Возраст тектоно-магматических эпох в истории Земли

Накопление результатов исследований о возрасте различных изверженных пород позволило не только определить продолжительность геологических периодов, установленных методом относительной геохронологии, но и выделить наиболее древние горные породы Земли. Документированные следы жизни на Земле имеют возраст свыше 3,2 млрд. лет, самые древние осадочные породы — около 3,8 млрд. лет. В истории Земли существовали эпохи усиленного магматизма. Эти эпохи характеризовались высокой степенью тектонической активности, т. е. одновременно с излияниями лавы и внедрением магмы происходили значительные вертикальные и горизонтальные движения земной коры. Данные о возрасте изверженных пород дают возможность установить существование сравнительно продолжительных эпох повышенной магматической и тектонической активности и длительных периодов относительного покоя. Это, в свою очередь, позволяет провести естественную периодизацию истории Земли по степени тектонической и магматической интенсивности.

Эон	Эра		Мл. лет (число относится к границе между эрами, т.е. 240 - граница между мезозойской и кайнозойской и т.п.)	
Фанерозой	Мезозойская и кайнозойская		240	
	Палеозойская		570	
Криптозой	Протерозойская	венд V	680	
		рифей	R ₃	950
			R ₂	1350
			R ₁	1650
	афебий		2600	
	Архейская		3200	
			3500	
	Катархейская		4000	
		4600		

Общая геохронологическая шкала

О. Г. Сорохтин на основании определения времени образования гранитных интрузий уточнил возраст тектоно-магматических эпох (циклов) в истории Земли. Вместе с тем необходимо отметить, что тектоническая и магматическая активность в отдельных районах по времени часто не совпадает с тектоно-магматическими эпохами планетарного характера. Следовательно, в разных районах мира возможны довольно существенные разбросы возраста тектоно-магматических эпох.

Состав пород в типовых разрезах, условия их залегания и находившиеся в них ископаемые остатки в конце XIX в. позволили заложить основу сводной (планетарной) геохронологической шкалы. В настоящее время она существенно дополнена, детализирована и обоснована не только событиями жизни органического мира, сменой одних групп организмов другими, но и абсолютными датировками. История Земли разделена на четыре крупных отрезка времени — катархей, архей, протерозой и фанерозой. Иногда в протерозое выделяют афебий, рифей и венд. Причем рифей в Канаде называют альгонком а в Китае — синием. *Фанерозойский эон* (эон — дословно означает длительный промежуток времени. Он объединяет несколько геологических эр), означающий время явной жизни, состоит из палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Протерозой, архей и катархей называют криптозойским эоном т. е. временем скрытой жизни.

Геохронологическая шкала представляет собой идеализированный, а не реальный геологический объект, так как ни на

одном континенте нет непрерывной последовательности всех известных возрастных подразделений. Это вызвано тем, что ни один крупный бассейн седиментации (осадконакопления) не развивался в неизменных границах в течение всей геологической истории Земли. Многократно условия морского осадконакопления сменялись континентальными, и нередко седиментация прерывалась в результате подъема территории. Это сопровождалось денудацией и размывом.

По вполне понятным причинам о первом миллиарде лет существования Земли, т. е. о катархее, нет фактических данных. Можно только предполагать, что в катархее, по-видимому, проявился очень активный вулканизм. Во время излияния вулканических лав выделялся значительный объем газов. В дальнейшем это привело к созданию не только земной коры, но и первичной атмосферы.

В течение белозерской и Кольской тектоно-магматических эпох (начало и середина архея) протекали процессы гранитизации и одновременно с ними возникали первые осадочные бассейны. Для этого времени известны не только терригенные (правда, подвергшиеся сильному метаморфизму) толщи, но и карбонатные породы, и даже образования кор выветривания.

В кенорскую тектоно-магматическую эпоху в конце архея были сформированы ядра будущих крупнейших устойчивых геоструктурных элементов Земли — ядра континентальных платформ. В последующие тектоно-магматические эпохи ядра платформ продолжали нарастать.

В течение кенорской, альгонкской, раннекарельской, балтийской, буларенинской и карельской тектоно-магматических эпох сформировались фундаменты всех известных древних континентальных платформ: Восточно-Европейской, Сибирской, Китайской, Таримской, Индостанской, Африкано-Аравийской, Восточно-Австралийской, Северо- и Южно-Американской. На протяжении почти 1 млрд. лет (от 2,7 до 1,67 млрд. лет назад) происходило формирование первичного гранитоидного слоя земной коры, а наличие карбонатных осадочных пород способствовало образованию щелочных интрузий. Огромные плутоны гранитоидов, площадь которых превышала тысячи квадратных километров, среди древнейших осадочных пород фиксировали обширные платформенные структуры, называемые щитами. Примеры таких участков — Балтийский, Украинский, Алданский, Канадский, Гвианский, Бразильский, Аравийский щиты.

Предполагается, что в протерозое существовал огромный континент Мегагея, или Большая Земля, окруженный единым Мировым океаном.

Начиная с раннего рифея, древние платформы и особенно щиты становятся наиболее устойчивыми во времени и в пространстве структурными элементами земной коры. Позднее в пределах платформ возникли области плавного и сравнительно небольшого прогибания (*синеклизы*), которые раскалывались вдоль систем глубинных разломов, проходивших в пределах консолидированных древних подвижных поясов. Таким образом появились крупные грабенообразные прогибы — *авлакогены*. Примерами могут служить Катангский авлакоген на Африканской платформе и Днепровско-Донецкий на Восточно-Европейской.

На протяжении последующих после раннего рифея тектоно-магматических эпох древние платформы или продолжали наращиваться за счет подвижных поясов, образующихся на их периферии, или раскалывались на части и впоследствии испытывали разнонаправленные перемещения с различной скоростью. Вместе с тем в рифее и фанерозое происходило постепенное угасание магматизма и одновременно увеличивалась неоднородность строения земной коры.

Готская тектоно-магматическая эпоха характеризовалась на большинстве платформ и окружающих их подвижных поясов развитием гранитизации дорифейских пород и значительного метаморфизма.

В тектоно-магматические эпохи среднего и особенно позднего рифея продолжались гранитизация в подвижных поясах и дальнейшее наращивание площади платформ. Магматизм катангской (раннебайкальская) и позднебайкальской тектоно-магматических эпох на платформах проявился по-разному. Однако их общими чертами являлись, с одной стороны, интенсивная складчатость, а с другой — раскол и перемещение крупных платформенных глыб (литосферных плит).

В результате активной магматической и тектонической деятельности в ранне- и позднебайкальские эпохи произошли сближение и соединение в единый суперконтинент Гондвану пяти крупнейших платформ южного полушария — Африкано-Аравийской, Южно-Американской, Австралийской, Антарктической и Индостанской. Гондване в северном полушарии противостояли разрозненные Восточно-Европейская, Северо-Американская, Сибирская и Китайская платформы.

Каледонская тектоно-магматическая эпоха характеризовалась не только усилением магматизма, но и подъемом и образованием в северном полушарии нового суперконтинента Лавразии. Этот суперконтинент, состоящий из Северо-Американской, Восточно-Европейской, Сибирской и Китайской платформ отделялся от Гондваны крупным океаном — палео-Тетисом

В отличие от более древних этапов тектоно-магматические эпохи фанерозоя вследствие сохранности горных пород и их хорошей изученности подразделяются на целый ряд фаз. Последние, так же как и сами тектоно-магматические эпохи характеризовались высоким стоянием континентов над уровнем моря (преобладание воздымания), развитием магматизма и значительными тектоническими движениями. Такие фазы названы *геократическими*. В противоположность им *талассократические* фазы продолжительнее по времени. Для них характерно активное прогибание платформ и развитие трансгрессии, т. е. наступания моря на сушу, и мощное осадконакопление.

В составе каледонской тектоно-магматической эпохи выделяются таконская и позднекаледонская фазы. В результате столкновения континентов были образованы горно-складчатые системы, носящие название *каледонид*. Они сохранились на западе Северо-Американской платформы (Аппалачи), в Центральной Азии (Центральный Казахстан, Алтай, Саяны, Монголия), Восточной Австралии, на о-ве Тасмания и в Антарктиде.

В герцинскую тектоно-магматическую эпоху произошло соединение в единый материк Пангею Гондванского и Лавразийского суперконтинентов. Так же, как и в позднем рифее, Пангею омывал единый океан. Герцинская тектоно-магматическая эпоха подразделяется на бретонскую, судетскую, астурийскую, заальскую и пфальцскую фазы. Столкновение континентов привело к возникновению крупных горных систем, носящих название *герцинид*. Все они располагаются на перифериях древних платформ. К ним относятся Тибет, Гиндукуш, Каракорум, Тянь-Шань, Алтай, Куньлунь, Урал, горные системы Центральной и Северной Европы, Южной Америки, Северной Америки (Аппалачи, Кордильеры), Северо-Западной Африки и Восточной Австралии. В эту же эпоху в результате консолидации складчатых областей образовались так называемые *эпигерцинские плиты*, или молодые платформы, — Скифская, Туранская, Западно-Сибирская плиты и др.

В киммерийскую тектоно-магматическую эпоху, подразделяющуюся на ранне- и позднекиммерийскую фазы, произошли внедрение интрузий различного состава в пределы подвижных поясов, распад Пангеи и горообразование. В течение триасового, юрского периодов и раннемеловой эпохи вновь возникли суперконтиненты Лавразия и Гондвана, разделенные молодым океаном Тетис и Южной Атлантикой. Горообразовательные процессы проявились главным образом на окраинах Лавразии. Значительные движения испытали и ранее возникшие горные системы Аппалачей и Кавказа.

Эра	Период		Мл. лет (число относится к границе между эрами, т.е. 1,5 - граница между четвертичным и неогеновым периодами и т.п.)	
Кайнозойская	Четвертичный		1,5	
	Неогеновый	Эпохи	плиоценовая	5
			миоценовая	22,5
			олигоценовая	37,5
	Палеогеновый		эоценовая	53,5
			палеоценовая	67
Мезозойская	Меловой		135	
	Юрский		185	
	Триасовый		240	
Палеозойская	Пермский		280	
	Каменноугольный		345	
	Девонский		400	
	Силурийский		435	
	Ордовикский		490	
	Кембрийский		560	

Геохронологическая шкала фанерозоя

Альпийская тектоно-магматическая эпоха с ларамийской, пиренейской, савской, штирийской, аттической, роданской и валахской фазами началась в конце мелового периода и продолжается до настоящего времени. С ней связаны внедрение интрузий кислого, основного и щелочного составов в подвижных поясах, возникновение океанов и континентов современного очертания, а также величайших горных систем — Гималаев, Альп, Динарид, Кавказа, Анд, Кордильер и т. д.

О последних 570 млн. лет истории Земли учеными накоплено много фактических данных. Богатство органическими остатками фанерозойских отложений позволило расчленить их на более мелкие подразделения. Основой такого расчленения служит эволюция животного и растительного мира, выраженная в возникновении и исчезновении целых семейств, отрядов, родов и видов организмов. Так, для палеозоя (эра древней жизни) было характерно господство морских беспозвоночных, рыб, папоротников и плаунов, для мезозоя (эра средней жизни) — пресмыкающихся и голосеменных, для кайнозоя (эра новой жизни) — млекопитающих и покрытосеменных.

Начало биографии Земли

Уже в глубокой древности человечество волновала мысль о причинах возникновения нашей планеты и даже всей Солнечной системы. Хотя абсолютное большинство идей и предположений были фантастичными, все же некоторые из них поражают нас своей близостью к современным представлениям. Большую помощь в формировании представлений о рождении Земли оказали метеориты, эти пришельцы из далекого космоса. Оказалось, что средний состав метеоритов близок к земному, а их возраст не менее 4–5 млрд. лет.

Согласно гипотезе академика О. Ю. Шмидта, Солнечная система образовалась путем аккумуляции твердого вещества, рассеянного в космическом пространстве. Сжатие или гравитационное сжатие газового пылевого облака до состояния вещества звезд привело к повышению внутренней температуры облака, и с этого момента стали действовать термоядерные реакции, в процессе которых водород превращался в гелий и происходило обильное выделение огромного количества энергии.

Новая звезда — наше Солнце — родилась в чудовищных вихрях термоядерных реакций. Произошло это около 6–7 млрд. лет назад. Во время термоядерных взрывов в космическое пространство выбрасывались необозримые газовые плазменные облака. Из этого вещества в дальнейшем возникли планеты, кометы, астероиды и другие космические тела. Несколько сот миллионов лет газообразное вещество протопланетного облака, или первичного вещества планет, остывало.

Около 5,5 млрд. лет назад из холодного протопланетного вещества возникла Протоземля. Однако ее так же, как и зачатки других планет, еще нельзя было назвать планетой в полном смысле этого слова, поскольку в ее пределах отсутствовали твердые участки. В течение сравнительно долгого времени на нашей планете протекали реакции и процессы совершенно иного типа, чем те, которые мы обычно привыкли называть геологическими процессами. Поэтому этот далекий этап развития Протоземли носит название догеологического, или астрономического.

Согласно современным представлениям, первичная Земля была холодной. По сути дела, это было беспорядочное скопление космического вещества. Под влиянием гравитационного уплотнения, постепенно нагреваясь от бесчисленных ударов метеоритов и астероидов и в результате выделения тепла при распаде радиоактивных элементов, земное вещество вновь стало разогреваться. Одни ученые считают, что температура разогрева составляла десятки тысяч градусов, а другие — не более 1000 °С.

Разогрев Протоземли способствовал дифференциации ее вещества: во внутренние части постепенно опускались тяжелые веще-

ства, а на периферии скапливались сравнительно легкие. Эти процессы привели к разделению земных недр на ядро и мантию. Мантия Земли действует как гравитационный сепаратор, который доставляет к границе внешнее ядро — мантия свежее вещество. Тяжелые соединения железа остаются, а легкие возвращаются в верхние слои.

Сепарация вещества в недрах Земли протекала довольно медленно, и мантийное вещество множество раз совершало кругооборот. Некоторые исследователи связывают полный круг обращения мантийного вещества с длительностью глобальных геологических процессов, в частности вулканической активностью, горообразованием, трансгрессией (наступлением) моря.

Долгое время после своего рождения Земля оставалась безжизненной и неуютной планетой. Только космический холод и солнечный ветер господствовали на поверхности планеты. Твердая оболочка на ее поверхности была тонкой и хрупкой, потоки раскаленного материала из глубин Земли быстро достигали ее поверхности и растекались на огромные расстояния.

Атмосферы еще не существовало и это делало земную поверхность очень уязвимой для обстрела из космоса метеоритами и космической пылью. Над планетой поднимались тучи пепла и газов, поступающих из недр во время грандиозных извержений. К земной поверхности медленно двигался свободный кислород, освобождаемый в процессе дифференциации вещества. Кислород впервые появился на границе ядра и мантии, т. е. там, где происходили сепарация и переработка вещества. Увлекаемый конвективными потоками кислород постепенно уходил вверх, и долгое время весь он расходовался на окисление железа и его соединений.

Рождение атмосферы и гидросферы

Атмосфера возникла в начальные периоды формирования земной коры. Существуют две гипотезы ее образования. В первой атмосфера рассматривается как производная первичного материала, оставшегося от упрощенных флюидов, которые когда-то обрамляли расплавленную Землю. По второй гипотезе, атмосфера рассматривается как вторичное образование, возникшее при освобождении свободных химических элементов и соединений из лавы, извергавшейся на земную поверхность. Благодаря этой лаве была создана первичная земная кора. Большинство ученых придерживаются второй гипотезы происхождения атмосферы, считая, что в противном случае любая первичная атмосфера на ранней стадии развития Земли была бы сравнительно быстро ей

утеряна.

Таким образом, условно можно считать, что источником веществ, составляющих первичную атмосферу, служили продукты выплавки горных пород земной коры, мантии и ядра. Считается, что она была бескислородной. Крупнейший американский геохимик Г. Юри высказал мнение, что атмосфера могла состоять из смеси водяного пара, водорода, метана, аммиака и сернистого водорода. Английский геохимик П. Клауд считает, что в ранней атмосфере преобладали вода, углекислый газ, окись углерода, азот, хлористый водород, водород и сера. Следовательно, атмосфера состояла только из летучих и легких газообразных веществ, которые в момент формирования Земли входили в состав твердых веществ. Свободной воды не существовало, она была связана в гидрокислах, азот — в нитридах и, возможно, нитритах, кислород — в окислах металлов, углерод — в карбидах и карбонатах и т.д.

Увеличение мощности атмосферы и возникновение гидросферы объясняется освобождением из пород верхней мантии при интенсивных вулканических процессах водяного пара и газов. Действительно, газы, выделяющиеся при извержении современных вулканов, содержат большое количество водяного пара. Например, при извержении вулканов гавайского типа (вулканы гавайского типа характеризуются излиянием базальтовой подвижной магмы, бедной газам; застывание происходит медленно) в газах при температуре 1000–1200 °С содержится около 80 % воды и не менее 6 % углекислого газа. Встречается также значительное количество хлора (40 %), метана (до 3–5 %) и аммиак. Из лав при высокой температуре, кроме водяного пара, выделяются такие соединения, как борная, соляная и фтористая кислоты, сероводород и др.

Основываясь на химическом анализе газовых пузырьков в кварцитах катархейского и архейского возраста, советский литолог Ю. П. Казанский попытался определить состав древней атмосферы. По его мнению, в архее и катархее атмосфера имела азотно-аммиачно-углекислый состав. В ней кроме преобладающего углекислого газа (до 60 %) находились азот, сероводород, аммиак, серный газ, пары соляной и фтористой кислот. Первичная атмосфера была довольно разреженной, ее температура у земной поверхности мало отличалась от температуры так называемого лучистого равновесия (температура лучистого равновесия определяется отношением величины потока солнечного тепла, поглощенного поверхностью, к величине потока уходящего (отраженного) излучения земной поверхности. Последняя пропорциональна четвертой степени температуры этой поверхности). Сравни-

тельно низкая температура способствовала конденсации водяного пара из вулканических газов. Таким образом водяной пар превращался в жидкость, которая, заняв пониженные участки, дала начало формированию гидросферы.

Доказательством наличия гидросферы не только в архее, но и даже в катархее является обнаружение на Земле древнейших осадочных пород в Гренландии и Южной Африке, возраст которых оценивается в 3,8 млрд. лет. При этом надо отметить, что этот возраст метаморфизма, а, следовательно, время их образования, должен быть еще более ранним.

При описании состава первичного океана необходимо остановиться на двух источниках привноса растворенных соединений. С одной стороны, это растворенные в воде атмосферные газы, а с другой — соли и соединения, входящие в состав годных пород, обнаженных на земной поверхности в пределах древних первичных континентов. Перешедшие из атмосферы в воды океана угольная и другие кислоты, сера, сероводород и аммиак создавали высокую кислотность древнейших океанических вод. Высокая агрессивность природных вод способствовала интенсивному разложению обнаженных на земной поверхности вулканических горных пород и усиленному извлечению из них щелочей и щелочноземельных элементов и соединений. Со временем доля последних возросла, одновременно с этим снизилась кислотность океанических вод и сравнительно быстро установилось кислотно-щелочное равновесие.

«Все анионы морской воды возникли в результате дегазации мантии, т. е. удаления из нее газов, а катионы — при выветривании горных пород», — таков один из основных тезисов известного геохимика, академика А. П. Виноградова. Действительно, содержание в морской воде таких анионов как хлор и бром, в десятки и сотни раз превышает их количество в горных породах. Следовательно, они могли возникнуть только в результате дегазации мантии. Исходя из этого можно предположить, что соленость первичного океана должна была быть близкой к современной, хотя содержание катионов могло сильно отличаться и приближалось к современному только по мере возрастающего разрушения и растворения горных пород первичных континентов.

Об отсутствии кислорода в древней атмосфере и океане свидетельствует наличие в большом количестве не только в изверженных, но и в осадочных горных породах элементов и соединений, не подвергшихся окислению. Так, например, в катархейских карбонатных породах имеется много неизмененных зерен пирита и уранинита и отсутствует окисленная сера. Все эти породы характеризуются большой величиной отношения закисного железа к

окисному.

Ввиду того, что свободного кислорода в атмосфере длительное время не было, озоновый экран отсутствовал. Атмосфера легко пропускала ультрафиолетовое излучение Солнца. В таких условиях не могло быть и речи о возможном существовании каких-либо живых организмов на суше. Под воздействием ультрафиолетового излучения в водах морей и океанов начали образовываться сложные органические соединения вплоть до аминокислот. Этому, возможно, содействовала и относительно высокая температура земной поверхности, так как насыщенность атмосферы углекислотой способствовала задержке теплового излучения.

Свободный кислород первоначально расходовался на окисление аммиака, и при этом выделялся свободный азот. Метан и окись углерода окислялись до углекислоты, основная часть которой уходила в океан. Сера и сероводород окислялись до сернистого и серного ангидрита. В океане осаждались карбонатные и сульфатно-карбонатные осадки, а морская вода становилась хлоридно-карбонатно-сульфатной.

Появление гидросферы и атмосферы было весьма важным качественным рубежом в истории Земли. Их развитие усложнило и дифференцировало процессы, протекающие в древнейшей географической оболочке. Земная кора, гидросфера и атмосфера вступили в сложные взаимоотношения путем обмена энергии и веществ. Активно происходили процессы преобразования горных пород на земной поверхности. В бескислородной атмосфере процесс выветривания протекал весьма своеобразно в обстановке повышенных температур и высокой кислотности природных вод и атмосферы.

Только в раннем протерозое, по мнению Ю. П. Казанского, атмосфера стала кислородно-азотно-углекислой. Подтверждением этого является наличие не только мощных толщ джеспилитов, т. е. пород, состоящих из кварца и окисного железа — гематита, но и разнообразных красноцветных пород, пигментирующее вещество которых состоит из окисного железа. Эти породы могли образоваться только при наличии в атмосфере свободного кислорода. Однако наряду с окислительными обстановками в протерозое существовали и восстановительные условия.

Главнейшими газами атмосферы были углекислый газ, аммиак, азот, а сопутствующими — кислород, серный ангидрит, сероводород, пары соляной и фтористой кислот, метан. По сравнению с археем общее количество кислот сильно снизилось. Тенденция к снижению паров кислот, метана, соединений серы и аммиака существовала на протяжении всего протерозойского времени.

Одновременно общее количество азота в атмосфере продолжало увеличиваться.

Имеется и другая точка зрения по поводу появления свободного кислорода в атмосфере. По расчетам Л. Беркнера и Я. Маршалла, его содержание в атмосфере в одну тысячную долю от современного (так называемая точка Юри) было достигнуто примерно 1,2 млрд. лет назад, т. е. в середине рифея. С этим выводом хорошо согласуются многие палеонтологические и геохимические материалы.

Наличие свободного кислорода, пусть даже в небольших количествах, благоприятствовало появлению организмов, потребляющих кислород, остатки которых найдены в породах протерозоя.

Критическим уровнем содержания свободного кислорода в биологическом отношении является так называемая точка Пастера, когда количество кислорода в атмосфере составляло одну сотую от современной и организмы взамен анаэробного брожения стали пользоваться более эффективным потреблением энергии — окислением при дыхании. По расчетам Л. Беркнера и Л. Маршалла, данный уровень был достигнут около 600 млн. лет назад. В это время произошел экологический взрыв — массовое распространение животных почти всех известных в настоящее время типов.

С изменением содержания кислорода в древней атмосфере тесно связано количество углекислоты. Углекислый газ попал в атмосферу, а затем в гидросферу, являясь продуктом дегазации мантии. Он возник в результате взаимодействия гранита с водой при высоких температурах, разложении карбидов, высокотемпературной диссоциации карбонатитов, а также путем окисления метана и, главное, как продукт, выделяющийся при вулканических извержениях

Углекислый газ удалялся из атмосферы и гидросферы благодаря химическим реакциям (образование карбонатов) или биологическим путем, когда огромные массы его расходовались на образование скелетов организмов.

Так, в катархее и архее карбонатных пород известно очень мало. Только в раннем протерозое, когда в атмосфере появился кислород, а океаническая вода стала хлоридно-карбонатной, их объем стал увеличиваться. Большое содержание углекислого газа в морской воде и высокий щелочной резерв последней обеспечивали образование мощных известково-доломитовых и доломитовых толщ.

В конце протерозоя количество растворенного в морской воде углекислого газа и его концентрация в атмосфере уменьшились, однако все это связано с усилением поглощения углекислого газа

водорослями в процессе фотосинтеза. Морская вода приобрела хлоридно-сульфатный характер, и среда стала нейтральной, что, по-видимому, привело к появлению твердого скелета у организмов.

Происхождение жизни и эволюция биосферы в докембрии

Жизнь на Земле зародилась еще в катархее, т. е. более 3 млрд. лет назад. И это повлекло за собой весьма существенные качественные преобразования в географической оболочке. Жизнь на Земле появилась не случайно. Она была обусловлена всем ходом планетарного развития. В этом весьма значительную роль сыграли процессы дифференциации первичного земного вещества, которые привели к образованию земной коры, атмосферы и гидросферы.

Эволюция органических соединений от простейших углеводов, возникших абиологическим путем, до их высокополимерных соединений вначале происходила в древней атмосфере под воздействием ультрафиолетового излучения Солнца и электрических разрядов, а позднее продолжалась в гидросфере. Здесь возникли высокомолекулярные соединения и комплексы, которые приобрели такие основные признаки живого вещества, как возможность обмена веществ, способность размножения, реакция на внешние раздражители. Отсутствие свободного кислорода в атмосфере обусловило анаэробный характер энергетического обмена первичных организмов. Эти организмы в ископаемом состоянии не сохранились. Предполагается, что вряд ли они были похожи на вирусы или бактерии, имеющие довольно сложное строение. Скорее всего они напоминали современные ультрамикробы — существа, лишённые оболочек и клеточного ядра, размножающиеся делением.

Живые организмы возникли в водной среде, так как облегчила обмен веществ и служила основным компонентом живого вещества. Кроме того, водная среда являлась наиболее теплоемкой системой. В ней равномерно протекали колебания температур, в то время как на земной поверхности температуры могли изменяться в широком диапазоне, а это отрицательно сказывалось на развитии простейших организмов.

С течением времени ведущее положение заняли организмы, обладающие способностью продуцировать органическое вещество из углекислоты и воды под действием солнечного света, т. е. возникли формы, обладающие фотосинтезом. Другая часть организмов сохраняла прежние формы питания, используя те органи-

ческие соединения, которые возникали путем фотосинтеза. Таким образом произошло разделение органического мира на царство растений и животных.

В осадочных породах архея и раннего протерозоя обнаружены многочисленные следы жизнедеятельности древнейших организмов. В породах Южной Африки с возрастом 3,1–3,4 млрд. лет распространены изолированные палочки длиной 0,45—0,7 мкм и диаметром 0,18—0,22 мкм, нитеподобные образования, шаровидные, дисковидные и многоугольные оболочки однолетних водорослей (акритархи). В породах с возрастом 2,9 млрд. лет встречаются продукты жизнедеятельности цианофитов (синезеленые водоросли) и бактерий (строматолиты и онколиты). В более молодых отложениях рифея нередко встречаются строматолиты, причем их остатки образуют тела, весьма похожие на рифы.

Биосфера в архее была тонкой и прерывистой. Жизнь существовала только в водной среде, в условиях теплого климата. Обширные пространства суши вследствие значительных суточных температурных контрастов (ввиду маломощности атмосферы архея сильно сказывалась разница в температурах дня и ночи) были лишены жизни и представляли собой биологические пустыни. Масса живого вещества в архее была небольшой, о чем свидетельствует малый объем органогенных пород этого возраста.

Появление многоклеточных организмов было связано с постепенным увеличением содержания кислорода в атмосфере и гидросфере. Переход от брожения к кислородному дыханию у многоклеточных сопровождался выигрышем энергии в 15 раз и более. Благодаря жизнедеятельности бактерий и синезеленых водорослей стали возникать органогенные породы. Фитосинтезирующая деятельность водорослей способствовала появлению в атмосфере и гидросфере свободного кислорода.

Ландшафты архейского возраста были однообразные. В это время существовали линейно вытянутые горные цепи, горные массивы, плато и выровненные возвышенности. Увеличение площади суши, возрастание контрастности рельефа и уменьшение притока внутриземного тепла, постепенный рост объема мощности и плотности атмосферы, возникновение озонового экрана способствовали первой, слабой дифференциации климата. Можно только предположить, что на фоне высокого температурного режима существовали области как с высоким увлажнением, так и с дефицитом влаги.

Природные условия протерозойской эры

Как уже упоминалось, в протерозое сформировались все ныне известные платформы и щиты. В середине протерозоя древние платформы были объединены в один суперконтинент Мегатею. В рифее все платформы южного полушария были объединены в один материк Гондвану, а платформы северного полушария (Северо-Американская, Восточно-Европейская, Сибирская, Китайская) составляли материк Лавразию.

Платформенные области длительное время сохраняли большую тектоническую подвижность, и рельеф их оставался достаточно контрастным и динамичным. Довольно интенсивно происходили процессы размыва, переноса и аккумуляции осадков. На выровненных приподнятых участках под воздействием экзогенных процессов возникли довольно мощные коры выветривания что объясняется существованием высоких температур большого количества влаги и свободного кислорода в атмосфере. Благодаря деятельности водорослей в протерозое атмосфера и гидросфера обогатились свободным кислородом, возник озоновый экран, предохранявший Землю от жесткой радиации. Высокое содержание углекислоты в атмосфере повлияло на формирование парникового режима на земной поверхности. Климат, как и в настоящее время, был в основном обусловлен солнечной радиацией. Увеличение площади материков привело к разделению климата на морской и континентальный.

Наряду с показателями влажных и жарких условий в протерозойскую эру встречаются индикаторы аридного и даже холодного типов климата. Имеющиеся немногочисленные фактические данные позволяют считать, что эпохи господства аридного климата в определенные отрезки времени сменялись гумидными. Обращает на себя внимание присутствие среди толщ протерозоя типичных ледниковых образований — тиллитов. Они обладают всеми чертами современных морен и встречаются наряду с такими неоспоримыми показателями деятельности льда, как отполированные ложа, «курчавые скалы», «бараньи лбы», эрратические валуны, ледниковые штриховки и т. д.

Наиболее древние образования, напоминающие тиллиты, встречаются среди архейских толщ в пределах Канадского щита и в юго-западной части Австралии. Однако достоверных следов возможного оледенения такого древнего возраста до сих пор не обнаружено.

Одно из первых оледенений в истории Земли произошло около 2,5 млрд. лет назад в протерозое. Следы этого оледенения найдены в Южной Африке. Они представлены сильно переработанными отложениями горных ледников. Один из крупнейших ледников располагался в Канаде.

Более молодые ледниковые отложения имеют возраст 700–800 млн. лет. В Экваториальной Африке в позднем рифее обнаружены два ледниковых горизонта. Оледенением, возраст которого оценивается в 740–780 млн. лет, была охвачена территория Анголы, Замбии, Намибии и ЮАР. Близкий возраст имеют ледниковые образования Австралии, распространенные от южных до северо-западных частей этого материка.

Тиллиты обнаружены и в Европе, но они моложе. Их возраст 550–670 млн. лет. Близкий возраст имеют тиллиты Западной Африки, Австралии, Южного и Центрального Китая. Это позволяет предполагать, что в конце рифея на Земле установились довольно холодные условия и обширные территории покрывались мощными ледниковыми толщами.

На основании встречающихся пачек осадочных пород, переслаивающихся с тиллитами, можно предполагать, что ледниковые эпохи неоднократно сменялись межледниковыми и, следовательно, в этом отношении между четвертичным, раннепротерозойским и тем более вендским оледенениями практически отсутствуют какие-либо различия. Следовательно, ледниковые горизонты протерозоя должны были образоваться в результате действия принципиально тех же геологических процессов, что и моренные и генетически связанные с ними отложения в период четвертичного оледенения.

Итак, в протерозое имели место оледенения, однако в течение большей части этого времени на Земле было довольно жарко. Доказательства жаркого аридного климата встречаются в рифее. Это красноцветные континентальные карбонатные песчаники с трещинами усыхания, дюнной косо́й слоистостью, ветровой рябью и следами ветровой эрозии на поверхностях напластований. Наряду с ними встречаются толщи, сформированные в обстановке обильного увлажнения, — разнообразные аллювиальные (пойменные, дельтовые) отложения с характерной косо́й слоистостью, каолинитовые глины, кварцевые пески и т. д.

Несмотря на климатическую дифференциацию, особенно в конце протерозоя, надо признать, что по сравнению с современной эпохой на Земле в те далекие времена климат был однообразнее. Это объясняется небольшой толщиной атмосферы, высоким содержанием в ней углекислого газа и значительной площадью океанов и морей. Парниковый режим определял существование высокой среднегодовой температуры. В позднем рифее среднегодовые температуры, судя по характеру карбонато-накопления (обилие рифогенных толщ), широкому развитию кор выветривания, своеобразных организмов, а также данным определения абсолютных значений температур методом изотопной и магнети-

альной палеотермометрии, были довольно высокими. Исходя из соотношения тяжелого и легкого изотопов кислорода в кремнистых и карбонатных породах протерозоя, средняя температура земной поверхности составляла 50–60 °С а снизилась до 40 °С.

Все возрастающие процессы фотосинтеза привели к значительному обогащению атмосферы и гидросферы свободным кислородом. Это в свою очередь отразилось не только на развитии биологических процессов, но и на процессах выветривания и осадконакопления. Сокращается объем формирования железных руд, и места их образования постепенно смещаются в прибрежные и даже на континентальные участки. Появление атмосферного кислорода обусловило переход этих соединений в окисные формы и резко ограничило миграционные способности железа и марганца. Постепенно сократились площади доломитообразования, и в конце протерозоя они сместились в области с сильно засушливым климатом.

В растительном царстве рифея господствовали водоросли (главным образом синезеленые). Животное царство было гораздо менее обильным, но характеризовалось довольно значительным разнообразием в систематическом отношении.

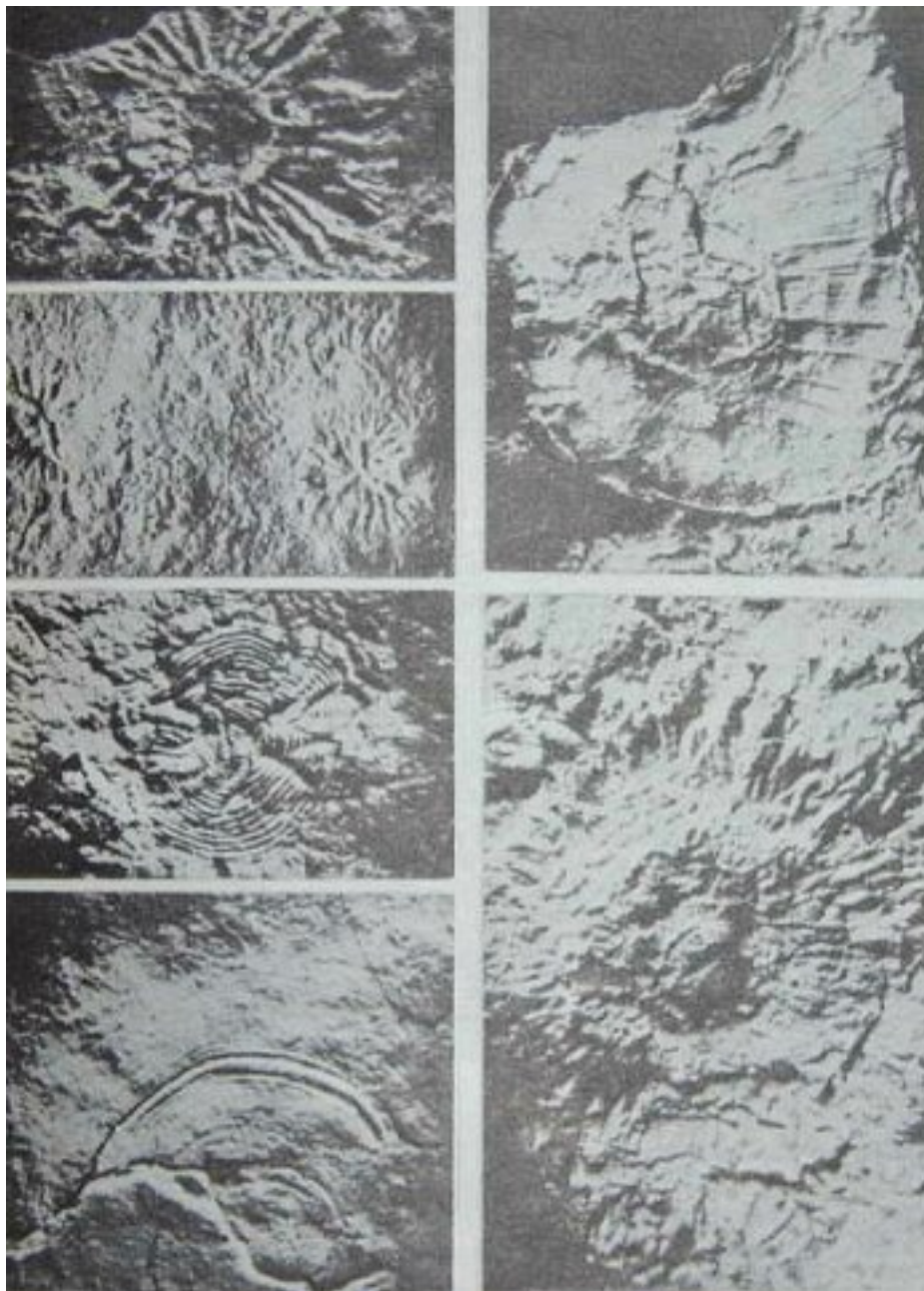
Наиболее многочисленной группой организмов в течение всего протерозоя были бактерии, принимавшие активное участие в процессах разложения, окисления и даже аккумуляции разнообразных веществ. Активное участие бактерий в пороодообразовании способствовало широкому распространению различных железистых пород, в том числе и осадочных железных руд, графитовых сланцев, высокоуглеродистых и высокоглиноземистых горных пород. Вероятно, не последняя роль в процессах выветривания горных пород принадлежала микроорганизмам.

В течение протерозойской эры развивались основные группы водорослей — от примитивных синезеленых до более высокоорганизованных. Они играли ведущую роль в постепенном удалении из атмосферы углекислого газа и увеличении свободного кислорода. Велика их пороодообразующая роль, особенно в рифее, когда широким распространением пользовались разнообразные водорослевые известняки и доломиты. Из рифейских отложений известны многочисленные строматолиты, онколиты и катаграфии — известковые и доломитовые стяжения, возникшие в результате жизнедеятельности водорослей.

Строматолиты — это различной величины слоистые стяжения в виде наростов, имеющие караваеобразную и столбообразную формы. Онколиты — это концентрические желваковые образования, а катаграфии — стяжения неправильной формы без слоистости в виде комков. Концентрическое строение строматолитов и

онколитов вызвано, вероятно, сезонным развитием водород, подобно кольцам нарастания у современных деревьев умеренного пояса. Известь откладывалась вокруг нитей и клеток колоний.

До недавнего времени о жизни в докембрии могли судить только по остаткам разнообразных водорослей, грибов, бактерий.



Остатки медузовидных кишечнополостных, обнаруженные в вендских отложениях на побережье Белого моря (по М.А. Федонкину)

Возникшие в последние годы биохимические и палеонтологические направления позволили обнаружить многочисленные остатки организмов в докембрийских породах. В наиболее моло-

дых комплексах рифейских образований были обнаружены остатки древнейших многоклеточных животных. Уникальность этой фауны состоит в том, что она, обладая значительным разнообразием, была представлена организмами, у которых полностью отсутствовали минеральные скелетные образования.

В настоящее время бесскелетная фауна позднего докембрия обнаружена в районе Эдиакара в Южной Австралии (поэтому вся древнейшая фауна часто называется эдиакарской), в Великобритании, на юго-западе Африки и Ньюфаундленде, в СССР — в Подольском Приднестровье и Карелии.

Эдиакарская фауна состояла в основном из кишечнополостных — медузоподобных, червей, членистоногих и организмов систематическое положение которых пока не ясно. Она сыграла большую роль в развитии органического мира, являясь предшественником скелетной фауны, хотя прямого и непосредственного продолжения в палеозойскую эру все же не имела. Как считают многие исследователи, эдиакарская фауна скорее всего была побочной ветвью эволюции организмов.

Советский палеонтолог М. А. Федонкин на берегу Белого моря обнаружил огромное количество вендской бесскелетной фауны. Эти организмы представлены свободноплавающими бентосными (донными) формами размерами от нескольких миллиметров до 30 см.

Одной из особенностей вендской фауны является наличие среди многоклеточных форм ископаемых остатков, напоминающих личинок современных беспозвоночных. В толще вендских пород были найдены остатки, очень похожие на личинки трилобитов и иглокожих, но все они имели размеры крупнее, чем те, которые обнаружены в более молодых осадках.

Органический мир протерозоя в основном развивался в морской среде. Отсутствие у организмов позднего протерозоя твердого скелета, возможно, было вызвано высоким содержанием углекислоты в атмосфере и гидросфере. Это приводило к резкому увеличению растворимости извести и затрудняло ее извлечение из воды.

Ландшафты протерозоя, особенно в рифейское время, по сравнению с архейскими более дифференцированы. Хотя насыщенность ландшафтов организмами возросла, мощность биосферы оставалась небольшой, и она не имела повсеместного распространения. Суша в биологическом отношении представляла собой пустыню.

Таким образом, палеогеографические условия протерозоя даже для конечных этапов рифея и венда вырисовываются в довольно общих чертах. К концу протерозоя содержание кислорода в атмо-

сфере увеличилось и составило 1–2 %, образовался озоновый экран, который существенно уменьшил жесткую ультрафиолетовую радиацию, резко повысилась соленость океанических вод и возникла климатическая зональность.

Природные условия палеозойской эры

Палеозойская эра, или эра ранней жизни, имеет продолжительность около 350 млн. лет. В течение этого времени существенно изменению подверглись площади эпиконтинентальных морей и конфигурация суши, взаимное расположение материков, возникали и исчезали океаны и моря, появлялись наземные и подводные хребты, перемещались полюса и менялась климатическая зональность. Все это не могло не отразиться на развитии, эволюции и расселении представителей животного и растительного царства.

Ранний палеозой — качественно новый этап развития биосферы

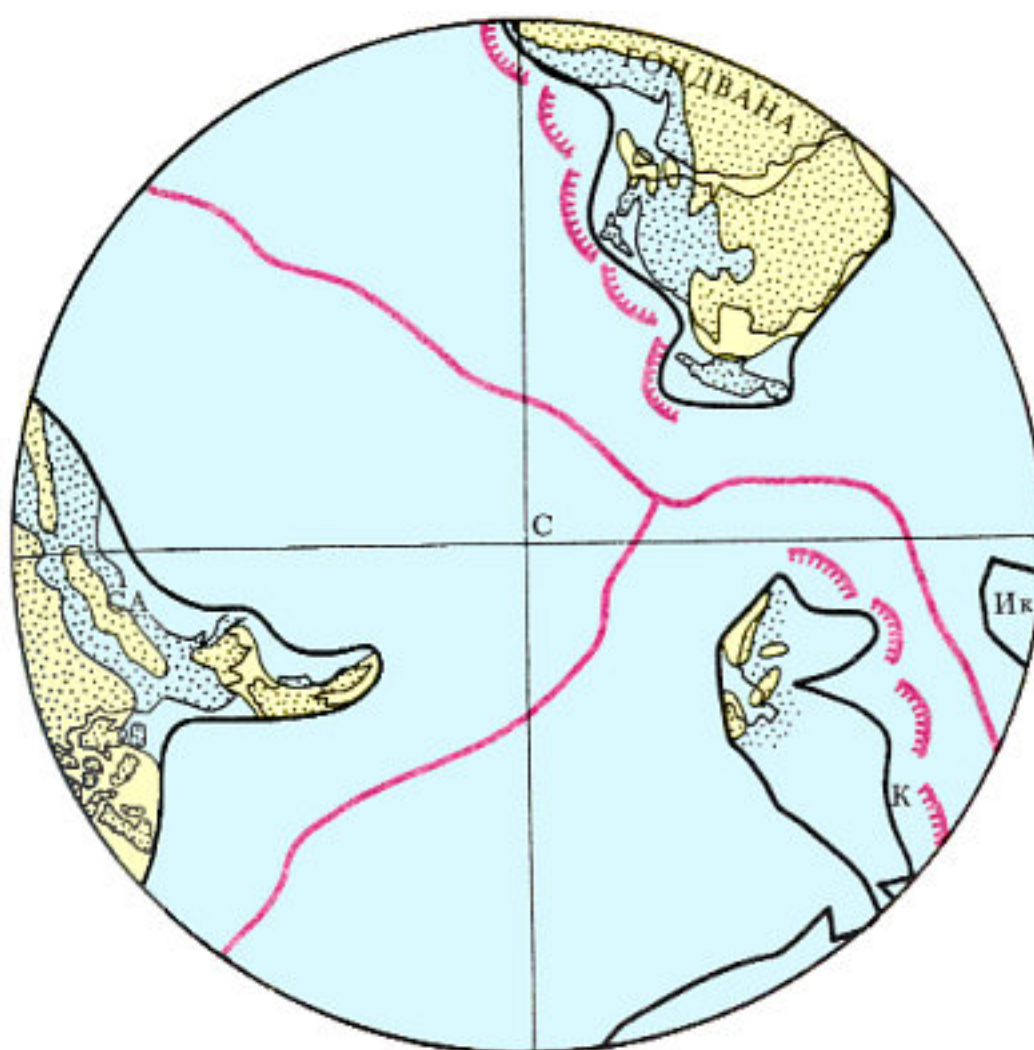
В кембрийском периоде в южном полушарии масса суши приходилась на Гондвану. В состав этого материка входили повернутая на 180° Южная Америка, Африка, Антарктида и Австралия. Значительная часть последней находилась в северном полушарии. Гондвана простиралась от 15° с.ш. до Южного полюса и таким образом занимала более четверти окружности земного шара. Общая площадь материка превышала 100 млн. км². Южный полюс находился в пределах окраинного моря, располагавшегося на месте современной северо-западной части Африки.

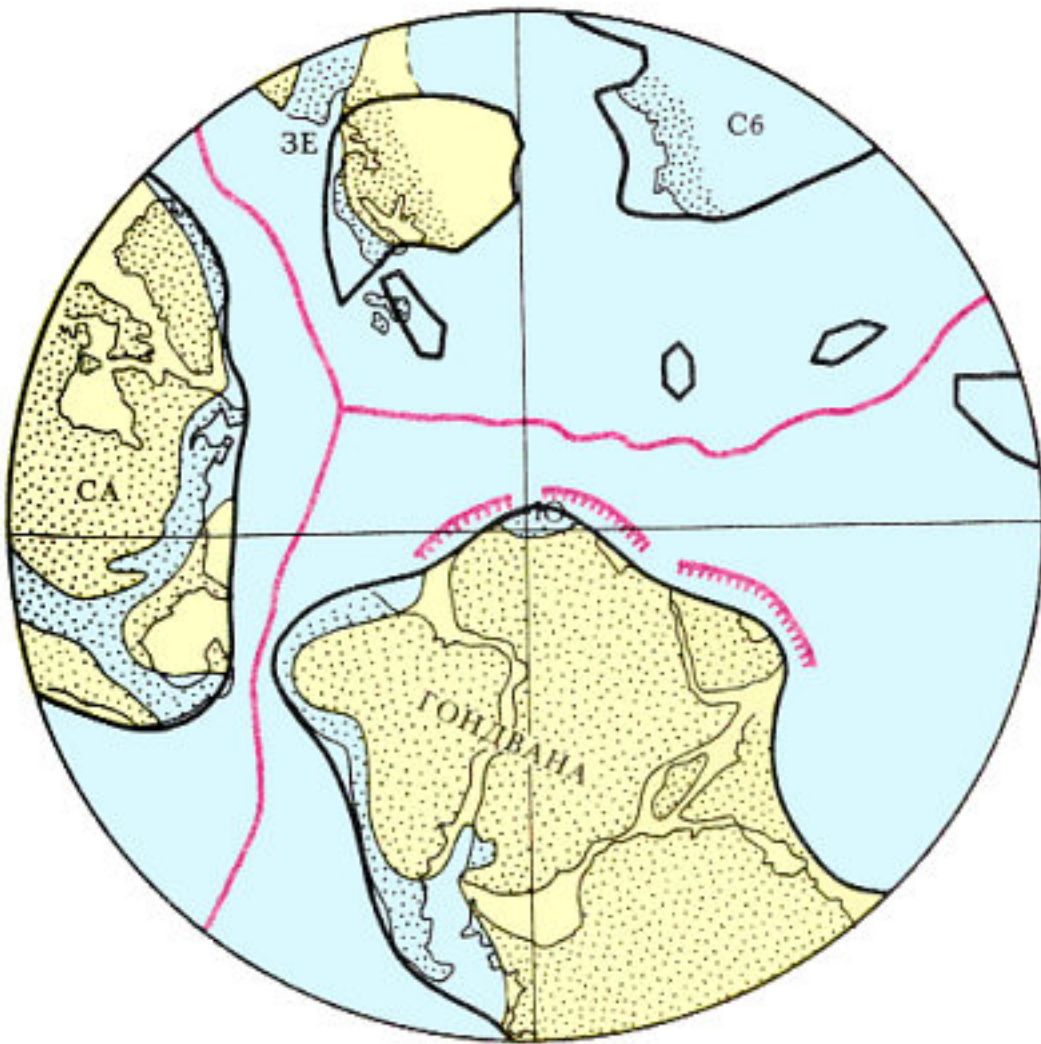
Северо-Американский, Восточно-Европейский, Китайский и Сибирский континенты были рассредоточены в северном и южном полушариях и примыкали к древней приэкваториальной зоне. Большая часть Китайского континента находилась между 15 и 60° с.ш. (положение континентов дается по градусной сетке, рассчитанной для соответствующих эпох и периодов палеозоя), в экваториальной зоне он соединялся узким перешейком с Сибирским континентом.

В кембрии существовали два крупных океана — палео-Атлантический и палео-Азиатский, в центральных частях которых находились срединно-океанические хребты.

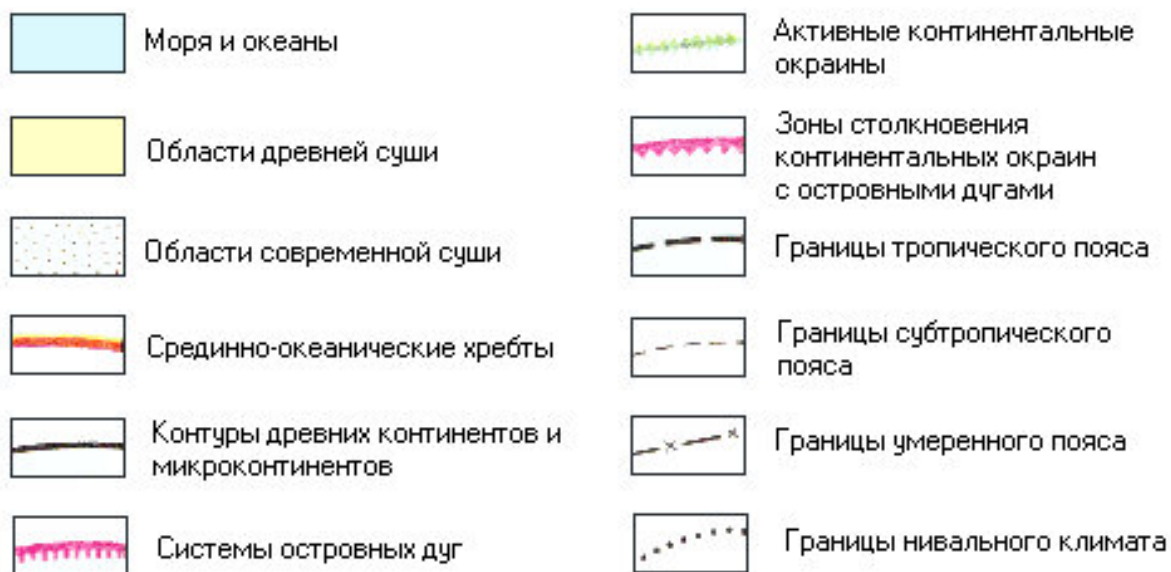
Большая часть Гондваны на протяжении почти всего кембрия оставалась сушей, в пределах которой находились разнообразные возвышенные и низменные равнины и горные массивы. Море периодически вторгалось лишь в окраинные части Гондваны.

Морской режим существовал на протяжении всего кембрия лишь на Сибирском и Китайском континентах. Временами он устанавливался на Северо-Американском и Восточно-Европейском континентах. В акватории окраинных морей располагались многочисленные острова, которые окаймлялись низменными побережьями с большим числом лагун и дельт рек. Соленость морской воды в лагунах и окраинных морях периодически повышалась в результате отделения их от открытого моря и способствовала накоплению мощных толщ каменных и калийных солей, гипсов и ангидритов. В это время были сформированы крупнейшие месторождения солей в пределах Сибирской платформы и в Пакистане.





Положение литосферных плит и срединно-океанических хребтов
(по А.М.Городницкому и Л.П.Зоненшайну)



Континенты и микроконтиненты:

ВЕ - Восточно-Европейский; ЗЕ - Западно-Европейский; Ик - Индокитайский;
 Ин - Индийский; Ир - Иранский; К - Китайский; Кз - Казахский; С - Сейшельский;
 СА - Северо-Американский; Сб - Сибирский; Тр - Таримский; Б - Бенгальский;
 Ит - Итальянский; Мк - Малокавказский; П - Пакистанский; Пн - Паннонский;
 Рд - Родопский; Тур - Туранский; ЮА - Южно-Американский.

Положение литосферных плит и срединно-океанических хребтов в кембрийском периоде. (по А. М. Городницкому и Л. П. Зоненшайну):

1 — моря и океаны; 2 — области древней суши; 2 — области современной суши; 4 — срединно-океанические хребты; 5 — контурь древних континентов и микроконтинентов; 6 — системы островных дуг; 7 — активные континентальные окраины; 8 — зоны столкновения континентальных окраин с островными дугами; 9 — границы тропического пояса; 10 — границы субтропического пояса; 11 — границы умеренного пояса; 12 — границы нивального климата. Континенты и микроконтиненты — ВЕ-Восточно-Европейский; ЗЕ — Западно-Европейский; Ик — Индокитайский; Ир — Иранский; К — Китайский; Кз- Казахский; С — Сейшельский; СА — Северо-Американский; Сб — Сибирский; Тр — Таримский; Б — Бенгальский; Ит — Итальянский; Мк — Малокавказский; П- Пакистанский; Пн — Паннонский; Рд — Родопский; Тур — Туранский;

Органический мир кембрийского периода хотя и являлся в некотором роде архаичным, но тем не менее поражал обилием сообществ. В кембрии возникли почти все известные типы позвоночных. Богатство особями и систематическое разнообразие организмов вместе с их способностью построения твердого скелета вначале хитиново-фосфатного, а затем и известкового отличают органический мир кембрия от вендского и рифейского. В истории жизни это был настоящий «биологический взрыв».

В это время возникли и в геологическом смысле очень быстро расселились такие скелетные животные, как трилобиты, брахиоподы, гастроподы, губки, археоциаты, радиолярии и др. Наиболее интересны и характерны для кембрийского периода *археоциаты* и *трилобиты*. Первые — это прикрепленные донные животные, населявшие мелководные теплые моря. Они жили крупными колониями и, подобно кораллам, которые появились значительно позже, строили крупные рифовые сооружения. Археоциаты существовали очень недолго и уже в середине кембрия почти все вымерли. Большого расцвета в кембрии достигла трилобитовая фауна. Эти древние членистоногие обитали на илистом дне, но некоторые формы вели планктонный образ жизни. Трилобиты имели плоское тело, покрытое хитиновым панцирем, который в продольном направлении делился на головной, хитино-головной, туловищный и хвостовой. Туловище и хвост состояли из подвижно соединенных сегментов. С нижней стороны отходили двуветвистые конечности. Наружная ветвь каждой конечности исполняла функцию органов дыхания, а внутренняя — служила органом передвижения по мягкому субстрату.

В кембрии появились первые представители головоногих моллюсков — *наутилоидеи*. Одни из них обладали прямой вытянутой раковиной, а другие имели раковину в виде рога. Все они прекрасно чувствовали себя в воде. Наутилоидеи были морскими хищниками, и некоторые их экземпляры достигали длины 4 м.

Брахиоподы, или плеченогие, представляли особый тип морских беспозвоночных. Они прикреплялись к твердому грунту с помощью ножки. Мягкое тело животного было заключено в раковину, имеющую створки разного размера. Раковины имели гладкую или покрытую различными скульптурными элементами поверхность.

В конце кембрия появились первые примитивные бесчелюстные панцирные позвоночные, похожие на рыб.

В кембрийском периоде растительность на суше отсутствовала. Однако в конце кембрия появились своеобразные земноводные споровые растения — *псилофиты*. Псилофиты похожи на

небольшие кустарники, полностью лишенные листьев. Они обитали на прилегающих к суше мелководных выровненных участках морей и океанов и основное время проводили под водой, лишь изредка во время сильных отливов они оказывались воздушной среде, обильно насыщенной влагой.

Атмосфера кембрия приобретала кислородно-углекисло-азотный характер. Основную массу атмосферы составлял азот, количество углекислого газа достигало 0,3 %, а содержание кислорода по сравнению с рифеем увеличилось в несколько раз.

После вендского похолодания и развития покровного оледенения в начале кембрия наступило значительное потепление, практически на всех континентах установились жаркие тропические условия. По степени увлажнения выделяются области аридного и равномерно-влажного типов климата. Индикаторами жарких аридных условий являются соли, гипсы, ангидриты, доломиты, карбонатные гипсоносные красноцветы, которые пользовались большим распространением в северной части Североамериканского континента, в пределах Сибирского и Китайского континентов. В Гондване аридный климат господствовал лишь центральных районах Южной Америки, Африки и Австралии.

Со временем область засушливого климата постепенно уменьшалась, что выразилось в значительном сокращении площадей соленакопления и пустынных районов. В конце кембрия на материках стали господствовать влажные жаркие условия.

Состав теплолюбивой фауны и способность некоторых из ее представителей участвовать в построении рифовых массивов, подобных современным коралловым рифам, позволяют предполагать, что температура воды в это время вряд ли опускалась ниже 20 °С.

Климатическая зональность в кембрийском периоде проявлялась довольно слабо. Это было вызвано тем, что многие континенты располагались в низких широтах. Только часть Североамериканского и Сибирского континентов, а также южные области Гондваны находились в средних широтах, поэтому климат должен был быть близким к субтропическому. В средних широтах и полярных областях в основном располагались морские бассейны.

Своеобразие природных условий кембрия пока еще не благоприятствовало формированию месторождений полезных ископаемых органического происхождения. Однако для платформ в этом периоде были характерны мощные залежи калийных и каменных солей и фосфоритов, а для подвижных областей с их интенсивным вулканизмом — накопления фосфоритов, марганца, ванадия, асбеста и железа.

Ордовикский и силурийский периоды. В течение последующего ордовикского периода лик Земли и ее органический мир заметно преобразились. Размеры многих континентов и их положение на земной сфере претерпели существенные видоизменения. Лишь Гондвана в раннем и среднем ордовике сохраняя прежние размеры и примерно то же местоположение. Как ранее, существовали два крупных океана — палео-Атлантический и палео-Азиатский. По сравнению с кембрием увеличились площади эпиконтинентальных морей, располагавшихся на территории современной Австралии и Южной Америки.

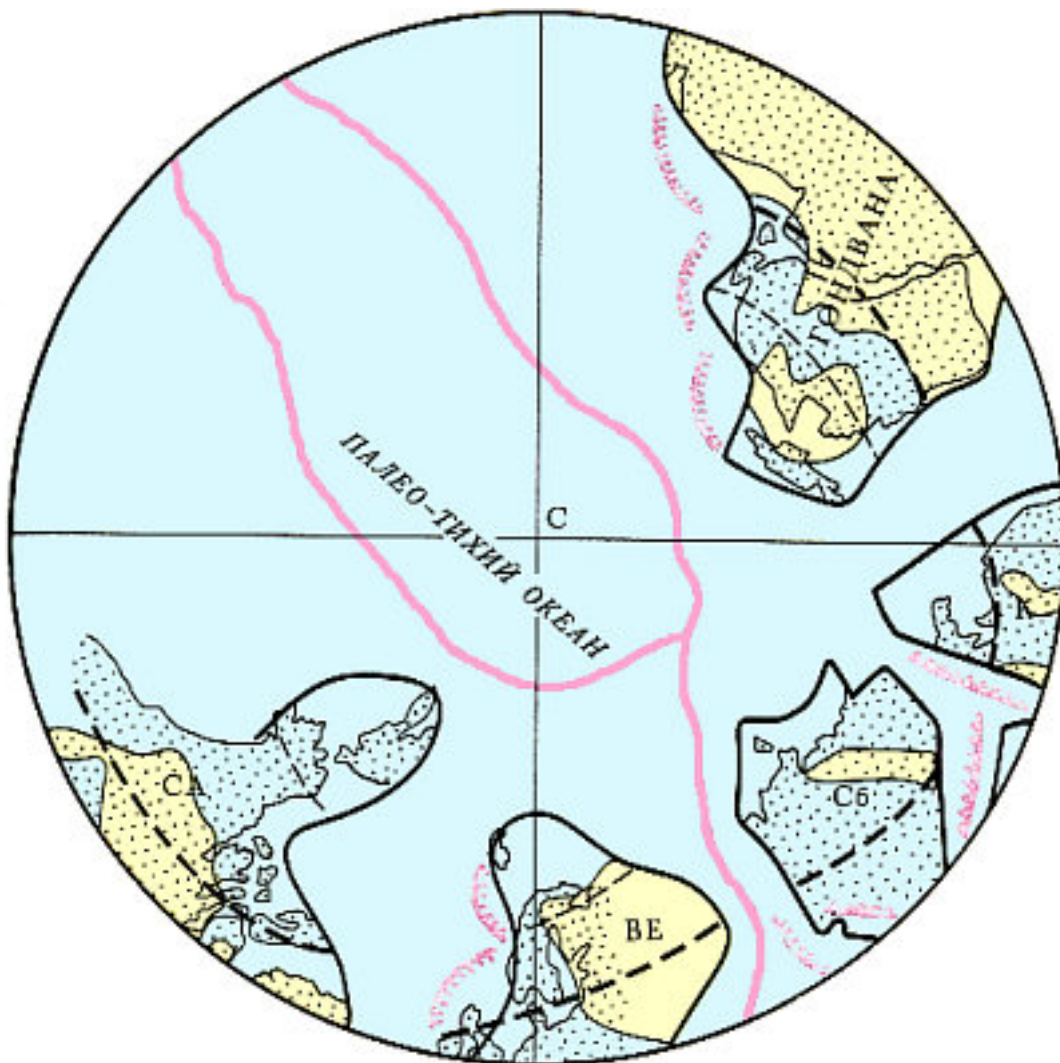
В северном полушарии происходили сближение Сибирского и Китайского континентов, временное замыкание южной части палео-Атлантического океана и формирование океана палео-Тетис. Последний отделял Лавразию от Гондваны.

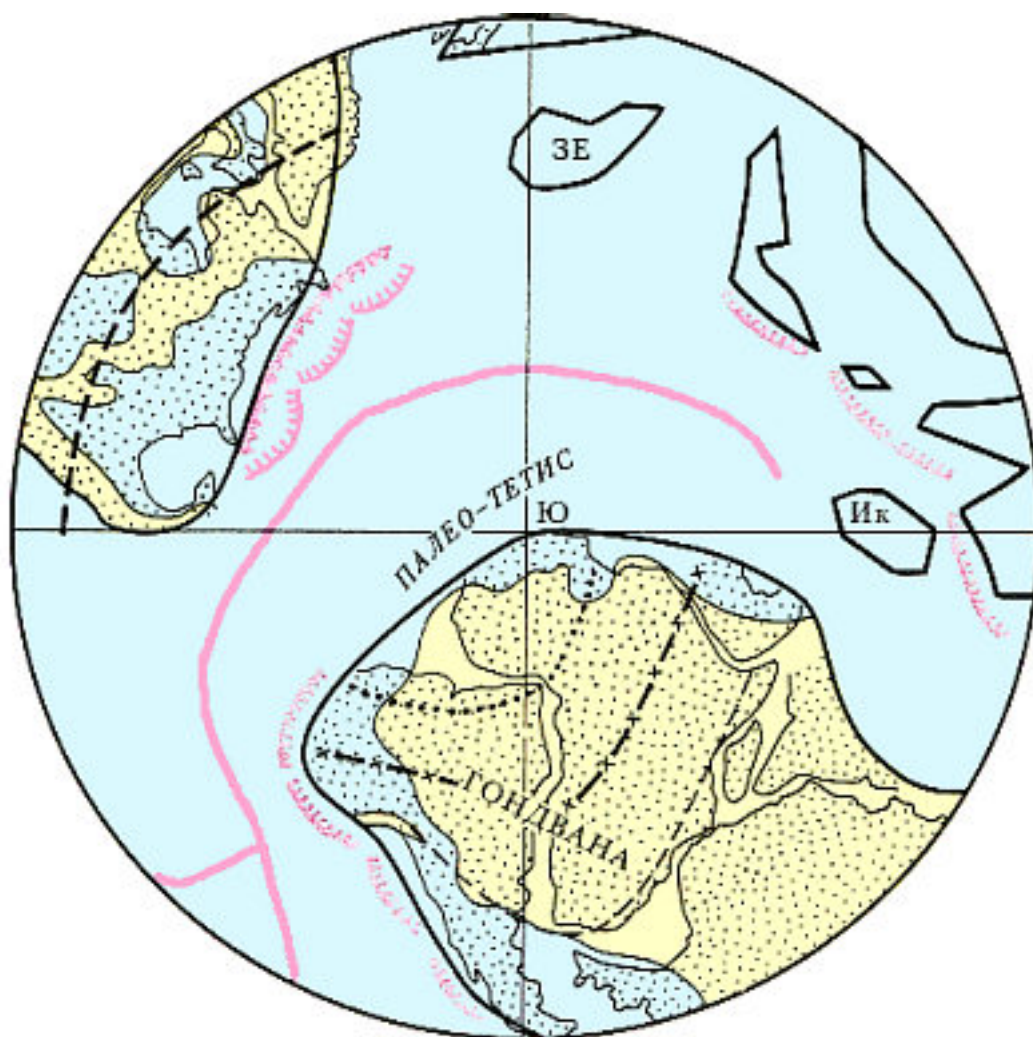
В позднем ордовике морские бассейны, расположенные на окраинах континентов, исчезли, и в результате регрессии сильно увеличилась площадь суши. Южный полюс в это время располагался на суше на южной окраине Гондваны.

Сильная изрезанность береговой линии эпиконтинентальных морей создавала необходимые предпосылки для периодического возникновения лагун. В лагунах, где соленость была не очень высокой и не превышала 40 ‰, обитали некоторые *эвригалинные организмы*, т. е. формы, которые существовали в широком диапазоне солености от опресненных до засоленных условий. Такими были гигантские раки и панцирные рыбы. При сильном возрастании солености в лагунах, изолированных почти полностью от открытого моря, шло соленакопление, но уже в меньших масштабах, чем в кембрии. Соленакопление в раннем и среднем ордовике было сосредоточено на севере Канады и в некоторых районах США.

Характерной особенностью ордовикского и силурийского периодов является резкое возрастание тектонической и вулканической деятельности. Интенсивные поднятия осуществлялись на перифериях платформенных областей, в ордовике, затем они усилились на границе ордовика и силура и, наконец, достигли максимума в конце силурийского периода. В результате сильных тектонических движений, вызванных столкновением литосферных плит, на окраинах платформ возникли горно-складчатые сооружения — так называемые *эпикаледонские горные сооружения*. В это же время сформировались устойчивые, но небольшие по размерам массивы (срединные массивы, микроконтиненты или микроплиты), площадь платформ увеличивалась за счет присоединения новых областей, испытывавших складчатость.

Каледонский тектонический этап сопровождался интенсивным магматизмом, образованием крупнейших разломов или расколов земной коры и активным перемещением жестких участков земной коры или литосферных плит. В результате столкновения жестких литосферных плит края их дробились, откалывались и нагромождались друг на друга. Горные массивы Скандинавии, севера Британских островов, Шпицбергена, Гренландии, Ньюфаундленда, приатлантической части Северной Америки образовались в результате интенсивных воздыманий в течение ордовикского и силурийского периодов. Каледонские складчатые структуры известны на Новой Земле, в Центральном Казахстане, Северном Тянь-Шане, Алтае, Саянах, Забайкалье, Таймыре и в других районах Земли.





Положение литосферных плит и срединно-океанических хребтов в ордовикском периоде.

Тектонические движения приводили к крупнейшим трансгрессиям и регрессиям моря. Если в начале ордовика происходило постепенное наступление моря на материки и площадь морских акваторий по сравнению с поздним кембрием возросла почти на 20 %, то с середины ордовика стала развиваться обширная регрессия и свыше 20 % площади материков освободилось от моря.

Рельеф земной поверхности в конце силурийского периода стал возвышенным и контрастным. Он сильно отличался от равнинного рельефа ордовика и тем более кембрия. Приморские низменности и выровненные равнинные области чередовались с возвышенными, значительно приподнятыми участками фундамента, испытавшими блоковые перемещения, и с молодыми горно-складчатыми сооружениями каледонид. Ввиду того, что каледонские движения сильнее всего проявились в северном полушарии, расположенные здесь континенты обладали более контрастным и возвышенным рельефом по сравнению с Гондваной.

Значительные контрасты имело в силуре дно морей и океанов. Широкие шельфовые участки сменялись глубоководными зонами. По-видимому, максимальные глубины силурийских океанов не превышали 4 км.

Органический мир в течение ордовика и силура был очень интенсивно развит. В морях и океанах господствовали беспозвоночные. В растительном царстве главную роль играли водоросли. Возросла роль прибрежной псилофитовой флоры, появились первые мхи и плауновые. Основным местообитанием растительности служили обширные участки морского мелководья и приморские низменности, периодически подверженные затоплениям. Суша была заселена только бактериями, а в пресноводных бассейнах развивались планктонные одноклеточные водоросли. Главной ареной жизни являлись морские просторы. Ведущая роль вначале принадлежала таким древним представителям органического мира, как трилобиты, граптолиты, кишечнополостные и брахиоподы. Большим распространением в ордовике пользовались трилобиты, имеющие прочный и толстый известковый панцирь. В силуре начиналось их угасание.

В ордовике появились и получили широкое развитие *граптолиты* — кустистоподобные полухордовые колониальные подвижные и прикрепленные морские организмы. Они обладали наружным хитиновым скелетом, состоящим из прямых и прогнутых ветвей, свободно расходящихся в виде паучка или соединенных перемычками. Граптолиты развивались в силуре, но в конце силурийского периода многие их представители вымерли.

Важной группой являлись кишечнополостные. Впервые появились *строматопоры*, или *гидроидные полипы*, примитивные *четырёхлучевые кораллы*, известные под названием *ругоз* и *гелиолитов*. Прикрепленные кишечнополостные жили крупными колониями и принимали участие в построении рифов. В конце ордовика и в силуре появились другие группы кораллов — *табуляты*.

В отличие от кембрия брахиоподы представлены как беззамковыми с хитино-фосфатной раковиной, так и многочисленными замковыми формами с известковой раковиной. Замковые брахиоподы совместно с иглокожими принимали участие в бентосных сообществах. Иголкожие состояли преимущественно из морских пузырей (*цистоидей*) и морских лилий (*криноидей*).

В ордовике и силуре среди беспозвоночных ведущая роль принадлежала наутилоидеям. Они обладали прямой огромной многокамерной раковиной, вели активный придонный образ жизни и были хищниками. Размеры их раковин составляли 2–3 м.

Крупными хищниками были гигантские ракоскорпионы. Они имели плоское тело, состоящее из головогруды и длинного членистого брюшка, которое заканчивалось шипом с ядовитой железой. От головогруды отходили ротовые и двигательные конечности. Длина взрослых ракоскорпионов обычно превышала 3 м.

В морях с нормальной соленостью жили примитивные позвоночные — бесчелюстные панцирные рыбы величиной от нескольких десятков сантиметров до 3 м. Они были снабжены специальными, выбрасывающими электрические заряды органами, которые служили средством защиты или нападения.

В морях ордовика и силура существовали и другие группы организмов. К ним относятся свободноплавающие и донные фораминиферы, радиолярии, губки, черви, остракоды, двустворчатые моллюски и мшанки, участвовавшие вместе с кораллами и брахиоподами в построении рифов, морские ежи и морские звезды.

На суше появились членистоногие — скорпионы и многоножки.

В течение ордовика и силура продолжалось дальнейшее наращивание атмосферы и изменение ее химического состава. Неуклонно возрастала концентрация свободного кислорода. Хотя содержание углекислого газа сильно уменьшилось, все же его концентрация превышала современную более чем в пять раз. По сравнению с раннекембрийской атмосферой общее количество углекислого газа уменьшилось почти в два раза, и это несмотря на довольно интенсивный вулканизм в течение ордовика, который должен был бы обеспечивать поступление большого количества углекислоты. Основная масса углекислоты растворялась в океанических и морских водах, а это благоприятствовало накоплению мощных толщ карбонатов, и поглощалась огромной массой водорослей и бактерий.

Климатические условия в течение ордовика и силура были довольно разнообразными. В позднем ордовике выделяются пояса экваториального, тропического, субтропического, умеренного и нивального типов климата.

Экваториальные равномерно-влажные условия в ордовике существовали на юге Канады, в Гренландии, европейской части СССР, на Урале, в Западной Сибири, Центральном Казахстане, Прибалтике, Забайкалье, в центральных областях Северной Америки.

По степени увлажнения в пределах тропического пояса выделяются области (секторы) аридного и гумидного климата. Северный аридный сектор в ордовике располагался на Аляске, в пределах современного Канадского Арктического архипелага, Восточной Сибири, Южного Китая и Индостана, а южный — на террито-

рии США, Прибалтики, на юге Скандинавии и в Австралии.

В начале позднего ордовика, а возможно, и несколько ранее сильно похолодало. В тропических областях среднегодовые температуры снизились на 3–5°, а в субтропических — на 10–15°. Наиболее сильное похолодание произошло в высоких широтах. В южнополярном районе в это время находилась возвышенная суша Гондваны, в пределах которой сначала возникли горные, а позднее и обширные материковые ледники. В настоящее время в Южной Америке и на северо-западе Африки довольно широко развиты отложения донных и конечных морен позднеордовикского возраста. Ледниковые отложения и следы воздействия движущегося льда на земную поверхность в виде долин вспахивания, ледниковых шрамов и штриховок обнаружены на Аравийском полуострове, в Испании и Южной Франции. Древние центры покровного оледенения существовали в Бразилии и Западной Сахаре.

В начале силурийского периода на континентах, располагавшихся в средних и высоких широтах, продолжали господствовать прохладные условия. Ледниковые образования этого времени сохранились в пределах современной Боливии, на севере Аргентины и на востоке Бразилии.

Во второй половине силурийского периода в высоких широтах климат вновь стал умеренно теплым, близким к субтропическому.

В течение всего силурийского периода тропические условия существовали на значительной части Северо-Американского и Евразийского континентов

Поздний палеозой — время природных катастроф

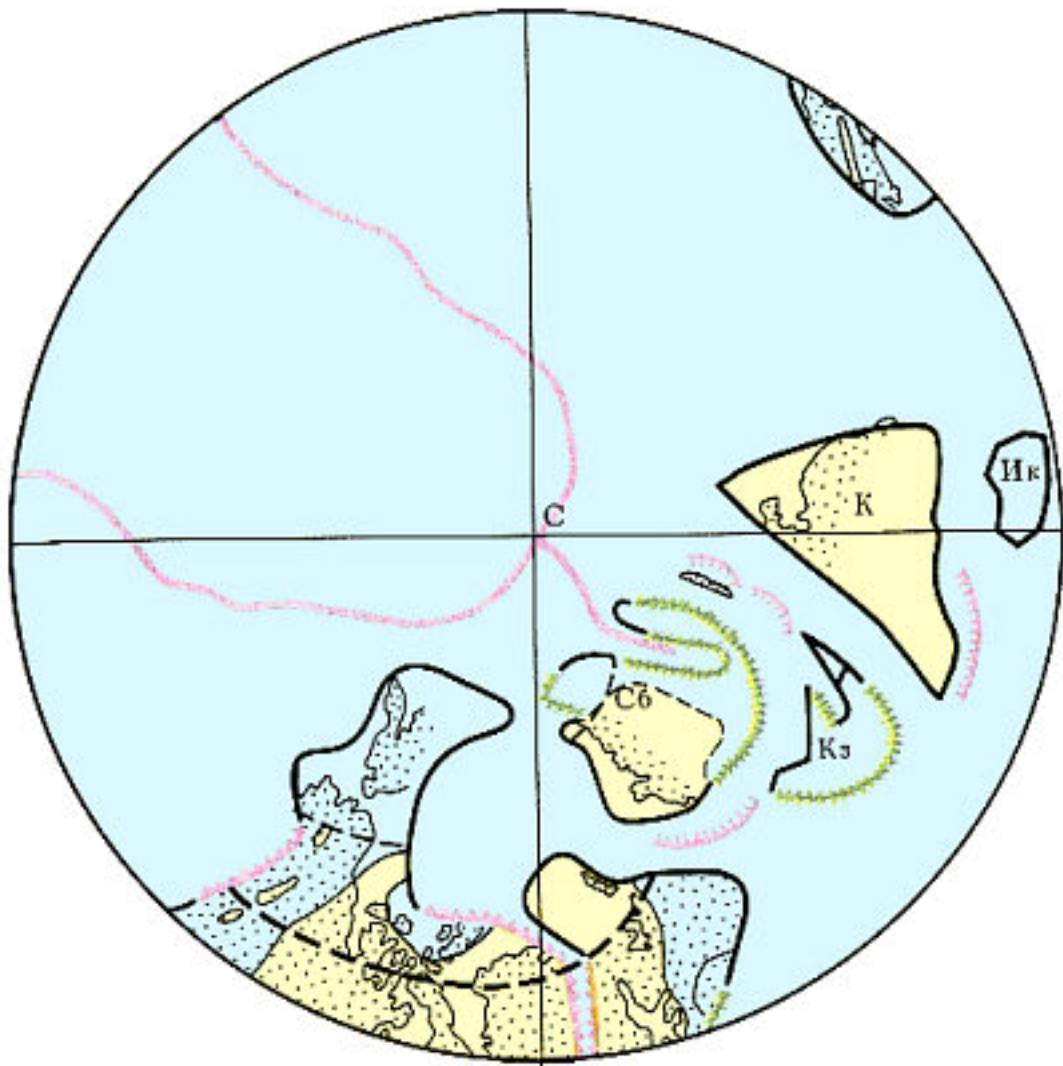
На протяжении позднего палеозоя сильному видоизменению подвергались не только морские, но и континентальные ландшафтно-климатические области и зоны. Это было время интенсивного развития и заселения суши.

В течение *девонского периода* Гондвана медленно смещалась на юго-запад и ее значительная часть перешла в западное полушарие.

В раннем девоне, около 390 млн. лет назад, южная часть палео-Атлантического океана вновь раскрылась и через затопленный участок Западно-Европейского континента соединилась с палео-Тетисом. Северная ветвь палео-Атлантического океана временно прекратила существование. Сильно уменьшился в размерах палео-Азиатский океан, в пределах которого появилась крупная система островных дуг.

Гондвана перемещалась в юго-западном направлении и в конечном итоге соприкоснулась с Западно-Европейским континентом. Продолжавшееся смещение в юго-восточном направлении Восточно-Европейского континента привело к его соединению с Северо-Американским и образованию нового материка в северном полушарии — Еврамерики.

Для этого периода характерно образование красноцветных континентальных, соленосных, карбонатных, обломочных и вулканогенных отложений. Обширные участки современных континентов занимали моря с нормальной соленостью. На их окраинах располагались лагуны с повышенной соленостью и широкие дельтовые участки, переходящие в лиманы. Внутри континентов находились озера, размер некоторых из них превосходил даже современное Каспийское море. По низменностям протекали полноводные реки. На дне морей и на суше находились крупнейшие действующие вулканы, которые извергали огромные массы вулканических образований. В раннем девоне преимущественно пользовались континентальные ландшафты, а в среднем девоне — морские. В это время морские акватории увеличились почти на 25 % по сравнению с концом силура и началом девона.





Положение литосферных плит и срединно-океанических хребтов в раннем и среднем девоне.

Раннедевонская эпоха была отчетливо выраженной *геократической эпохой* (геократическая — эпоха регрессии моря, активного воздымания и вулканизма), в течение которой завершились каледонские тектонические движения. В обстановке значительной регрессии моря, усилившихся поднятий и, как следствие, интенсификации денудации суши в наиболее прогнутых участках платформ, например на озерно-аллювиальных внутриматериковых низменностях или в пределах обширных дельт рек, в большом объеме происходило накопление обломочных отложений разной размерности. Обширные пространства Северо-Американского и Восточно-Европейского континентов покрывались мелководными морями с максимальной глубиной не более 400 м. На заключительной стадии каледонского горообразования в результате дифференциации тектонических движений и их значительной амплитуды в пределах геосинклинальных поясов и на окра-

инах платформ, испытавших активные поднятия, образовались межгорные и предгорные прогибы и впадины. Максимальная высота континентов в это время не превышала 2000 м над уровнем моря.

Морские ландшафты характеризовались большим разнообразием. Низменные и возвышенные морские побережья были сильно изрезаны. Наряду с заливами существовали лагуны и эстуарии, часто отгороженные от моря песчаными косами, барами или цепочкой береговых рифов. От морских побережий в сторону моря далеко простирались мелководные шельфовые зоны, которые сменялись материковыми склонами и далее глубоководными участками с глубинами более 1500 м.

В середине девона активность земной коры не снизилась, и этот процесс сопровождался интенсивным подводным вулканизмом. В пределах многих континентов и микроконтинентов поднятия нередко сменялись прогибаниями, и только Китайский, Индостанский, Южно-Американский и Африканский континенты в течение всего девонского периода были вовлечены в общее поднятие, в результате чего возникли крупные разломы земной коры.

Преобладание континентальных условий развития в девонском периоде на многих материках предопределило интенсивную денудацию и постепенное выравнивание контрастного рельефа, возникшего в результате каледонских тектонических движений.

В течение позднего палеозоя значительному видоизменению подвергся органический мир. Уже к концу раннего палеозоя произошло угасание и вымирание архаических форм организмов. К этому времени уменьшилось разнообразие трилобитов, граптолитов, иглокожих и наугилоидей. Вместе с тем в начале позднего палеозоя появились новые, более прогрессивные формы, определившие дальнейшее развитие органического мира и его облик.

Характерная и важнейшая особенность развития органического мира позднего палеозоя состояла в том, что организмы заселяли не только мелководные эпиконтинентальные моря, но и стали распространяться в глубь обширных континентальных пространств. Поздний палеозой — это время появления и постепенного освоения суши растительностью, ее пышного расцвета, время появления и развития наземных позвоночных.

Столь существенные изменения в составе органического мира, происшедшие в середине палеозойской эры, явились отражением не только эволюционного развития жизни на Земле вообще, но и, в частности, были связаны с преобразованием лика Земли в завершающую фазу проявления каледонских движений и воз-

никновением областей, весьма благоприятствовавших в ландшафтно-климатическом отношении развитию и расселению жизни.

Водная флора в девонском периоде была представлена бактериями и водорослями, а наземная флора раннего и среднего девона — преимущественно псилофитами, которые произрастали на сильно заболоченных приморских низменностях. Наряду с псилофитами в это время уже существовали все основные группы споровых растений: плауновидные, членисто-стебельные и папоротники. В позднем девоне псилофиты вымерли. В конце девона появились голосеменные.

Каким же образом произошло заселение суши? Мнение о том, что высшие растения происходят от водных, высказывалось неоднократно, начиная еще с прошлого века. Многие ученые считают, что произраставшие у берега некие водоросли каким-то образом оказывались на некоторое время над водой и, привыкнув к сильно насыщенной водяными парами атмосфере, постепенно стали заселять приливно-отливную зону моря. В результате дальнейших эволюционных преобразований они превратились в высшие растения и полностью вышли на берег.

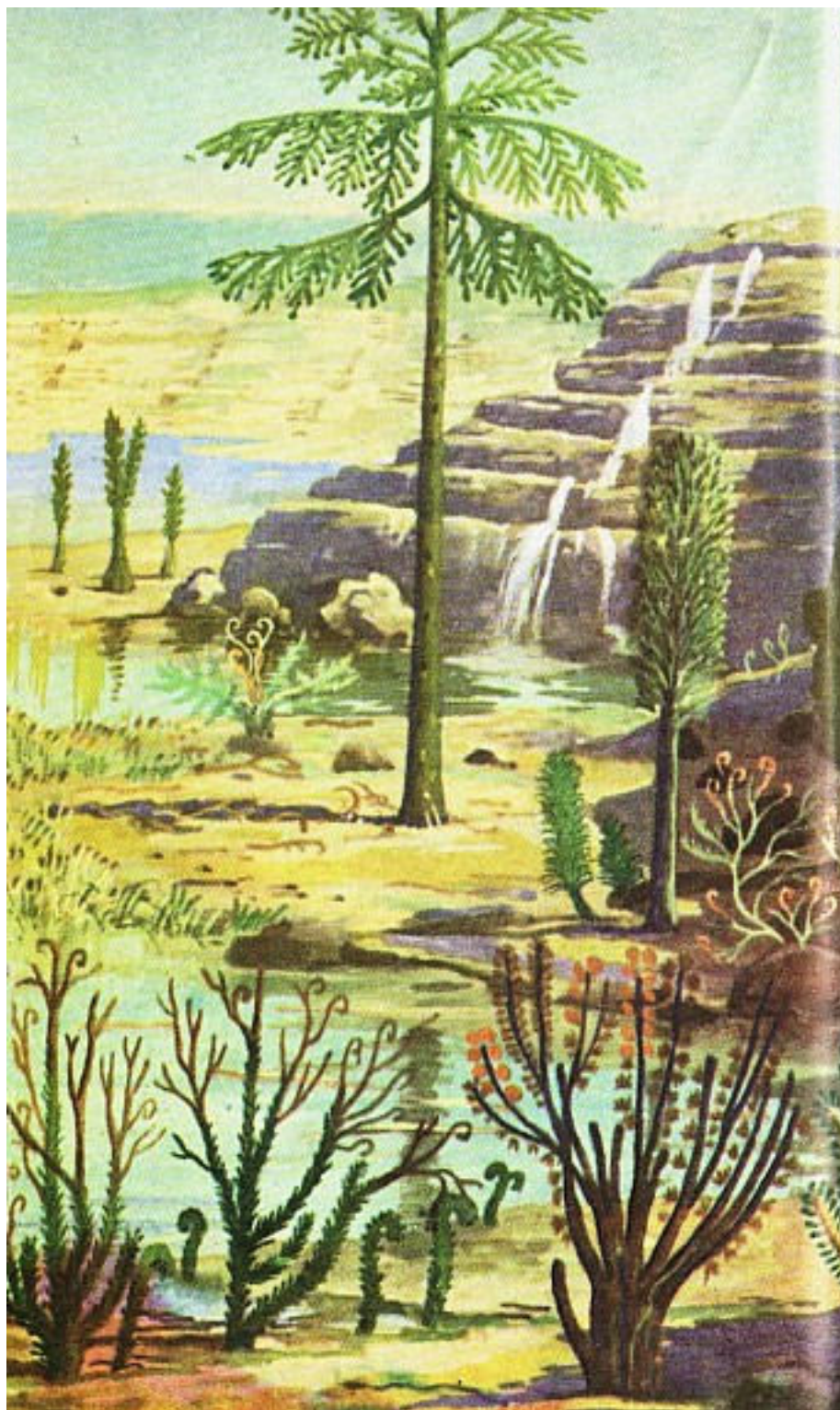
Известный советский палеоботаник С. В. Мейен обращает внимание на то, что в основе этой гипотезы лежат чисто умозрительные построения и исследователи, в том или ином виде высказывавшие ее, опирались на очень общие представления о процессах развития всех органических форм за время существования Земли. Берега современных морей заселены растениями в несколько ярусов. Однако одни из них (например, водоросли) живут только в воде, другие заселяют приливно-отливную зону, а третьи довольствуются брызгами волн и водяными парами, находящимися в воздухе. Низменные берега заняты высшими растениями, развитие которых протекает в очень влажной атмосфере. Так, исходя из экологического разнообразия и условий жизни современных растений можно представить процесс выхода растений на сушу и возникновение высших растений. Превращение водорослей в высшие растения сопровождалось появлением у них способностей образовывать стебли, корни, распространять споры по воздуху и размножаться в воздушной среде.

С. В. Мейен считает что заселение суши водорослями произошло не в девоне, а еще в досилурийское время, однако преобразование водорослей в высшие растения осуществлялось целиком в наземных условиях.

Среди наземных беспозвоночных животных в это время существовали паукообразные (крупные скорпионы), многоножки и насекомые, а в позднем девоне появились первые земноводные

— стегоцефалы. Основным местом их обитания служили сильно заболоченные приморские низменности..

В целом ландшафт суши девонского периода был довольно своеобразным. Растительность произрастала только на приморских низменностях и вокруг крупных озерных водоемов. Берега были покрыты низкорослыми, полностью лишенными листьев растениями, напоминающими голые или шиповатые прутья и палки. Удаленные от моря пространства, полностью лишенные даже этой примитивной растительности, представляли собой пустыни.



Ландшафт позднего силура (по З. Шпинару и З. Буриану). В этот период времени появились первые наземные растения — псилофиты.

Поверхность суши, удаленная от водных бассейнов, была лишена почвенного покрова. После дождя (а дожди в то время были продолжительными и весьма обильными) вода по неровностям рельефа скатывалась в низины и при этом смывала весь рыхлый

поверхностный слой. Сток воды ничем не сдерживался, и это продолжалось до тех пор, пока поверхность суши не в выравнивалась. Лишь с освоением суши первыми растениями, объединенными в сообщества, стало возможным регулирование поверхностного стока, в это время появились почвы. Растения стали защищать склоны возвышенностей от непрерывной эрозии и быстрого размыва.

Палеоботанические данные свидетельствуют о том, что уже с середины девона появилась определенная зональная дифференциация растительного покрова. Так, флора Сибири и севера Европы отличалась от средневропейской и тем более от флоры Южной Африки и Южной Америки, что было вызвано главным образом климатическими условиями в пределах их местообитания.

Очень интересна и своеобразна морская фауна девонского периода. В ней господствовали рыбы, поэтому девонский период нередко называют периодом рыб. В это время жили гигантские рыбы, достигающие в длину 10 м. Их голова и передняя часть туловища была покрыта мощным панцирем из крупных костных пластин. Эти рыбы вели малоподвижный донный образ жизни, и в конце девонского периода многие из них вымерли.

В девоне значительное распространение имели хрящевые рыбы — акулы, скаты, двоякодышащие и кистеперые. Кистеперые рыбы обладали веретенообразным телом и мощными плавниками, которые они использовали не только для плавания но и для перемещения по дну, особенно в период пересыхания водоемов. Скелет плавников кистеперых рыб обладает определенным сходством со скелетом конечностей первых наземных позвоночных — земноводных. Поэтому их обычно считают предками четвероногих животных. Кистеперые рыбы имели внутренние носовые отверстия для дыхания атмосферным воздухом и вначале обитали в водоемах аридного климата, а позднее переселились в моря. Возможно, что появление и расселение двоякодышащих рыб объясняются периодическим, но кратковременным обмелением и пересыханием мелководных девонских водоемов. Долгое время считалось, что ни одна древняя рыба не дожила до сегодняшнего дня. Однако около 25 лет назад во время океанологических исследований в Индийском океане в трал попала довольно необычная на вид рыба, которая при ближайшем рассмотрении оказалась кистеперой рыбой, получившей название латимерия. Это удивительный пример живущей в настоящее время реликтовой формы девонской рыбы. Одно из чучел этой уникальной рыбы выставлено в фойе Института океанологии АН СССР.

Морская фауна беспозвоночных девона временами была многообразной и дифференцированной в географическом плане. Это

определялось в основном изоляцией эпиконтинентальных морей и различными климатическими условиями. В начале девонского периода продолжали существовать реликтовые формы раннего палеозоя — граптолиты, беззамковые брахиоподы, примитивные кораллы и т. д. Позднее появились представители новых, ранее неизвестных групп, такие, как замковые брахиоподы и головоногие моллюски. Брахиоподы, населявшие различные глубины и участки моря с нормальной соленостью, отличались богатством видов, сильной изменчивостью и обширными ареалами.

В начале девона появились, а впоследствии широко распространились представители головоногих моллюсков — гониатиды, обладавшие спирально-плоской слабо скульптурированной раковиной. Одновременно с этим произошло исчезновение представителей другой группы головоногих моллюсков — наutilusoidей. Дальнейшее развитие получила коралловая фауна. В то время как роль табулят — этих коралловых полипов — уменьшилась, большое значение приобрели четырехлучевые кораллы.

Береговые и барьерные рифы девонского периода поражают исследователей своими размерами. В тропических морях Евразии их длина была соизмерима с длиной современного Большого Австралийского рифа.

Значительные палеогеографические изменения, происходившие в девонском периоде, были связаны с изменением соотношения суши и моря, развитием континентальных условий в раннем и морских в позднем девоне, существованием контрастного рельефа суши в раннем девоне и его постепенным нивелированием в конце девона, развитием каледонских горных цепей и массивов различного простирания и оказали влияние на формирование и географическое распространение климата. Палео-климатические индикаторы позволяют реконструировать климатическую зональность и даже выразить значение температурного режима в абсолютных цифрах. Поскольку в девоне широким распространением пользовались многочисленными представителями теплолюбивой фауны, температурный режим на многих континентах вряд ли был ниже, чем в современном тропическом поясе. Климатическая дифференциация в это время выражалась только в распределении и количестве атмосферных осадков. На основании соотношения изотопов кислорода и по магнезиальности кальцитовых раковин и скелетов беспозвоночных, которые накапливались в равновесии с температурами среды обитания, были установлены значения абсолютных температур. Оказалось, что в раннем девоне среднегодовые температуры на Северном Урале составляли 26 °С. В среднем девоне в Закавказье температуры достигали 23–28 °С, а на Северном Урале и на востоке Восточно-Европейской

платформы 26 и даже 30 °С. Это наряду с составом и распространённостью кор выветривания и бокситов позволяет считать, что в раннем и среднем девоне экваториальный пояс охватывал Урал, а в Закавказье располагался тропический пояс южного полушария. Довольно высокие температуры существовали и на других материках. Например, в Австралии они равнялись 28–30 °С, а в Северной Америке 27–30 °С. На основании этого можно предполагать, что здесь был распространён экваториальный климат. В позднем девоне температурный режим снизился на 2–5 °С.

Аридные условия существовали на большей части Северо-Американского, Евразийского и Гондванского (Африка, Австралия) континентов. Сильный дефицит влаги вызвал образование пустынь и полупустынь на суше и мелководных морей с повышенной солёностью. Во второй половине девона аридность климата стала уменьшаться.

Гумидные (равномерно-влажные) условия, которым свойственно не только обилие атмосферных осадков, но и их более или менее равномерное выпадение в течение года, господствовали на значительной части Евразии, севере Северо-Американского, Южно-Американском и северо-западе Австралийского континентов. В областях гумидного климата Евразии в среднем девоне появились обширные поймы и дельты рек, а также крупные озерно-болотные системы. В пределах последних в среднем девоне впервые стали формироваться угленосные толщи. Углеобразователями этого времени были псилофиты, а позднее — папоротникообразные растения. Энергичнее угленакопление протекало в приморской зоне, т. е. в зоне наиболее насыщенной растительностью.

На протяжении *каменноугольного*, или *карбонического* периода палеогеографическая обстановка существенно изменялась. Основной причиной этого были герцинские орогенетические движения. Они выразились в образовании обширных поднятий складкообразованием, внедрении интрузий и развитии вулканизма различного состава, а также регрессии моря. На протяжении позднего девона и раннего карбона происходило сближение континентов. В результате перемещения Гондваны в юго-западном направлении Южный полюс постепенно сместился на сушу. Сибирский континент вместе с Казахстанским продолжал мигрировать на север. Все сильнее сближаются Северо-Американский, Западно- и Восточно-Европейский континенты, которые ещё в конце девона образовали континент Еврамерику.

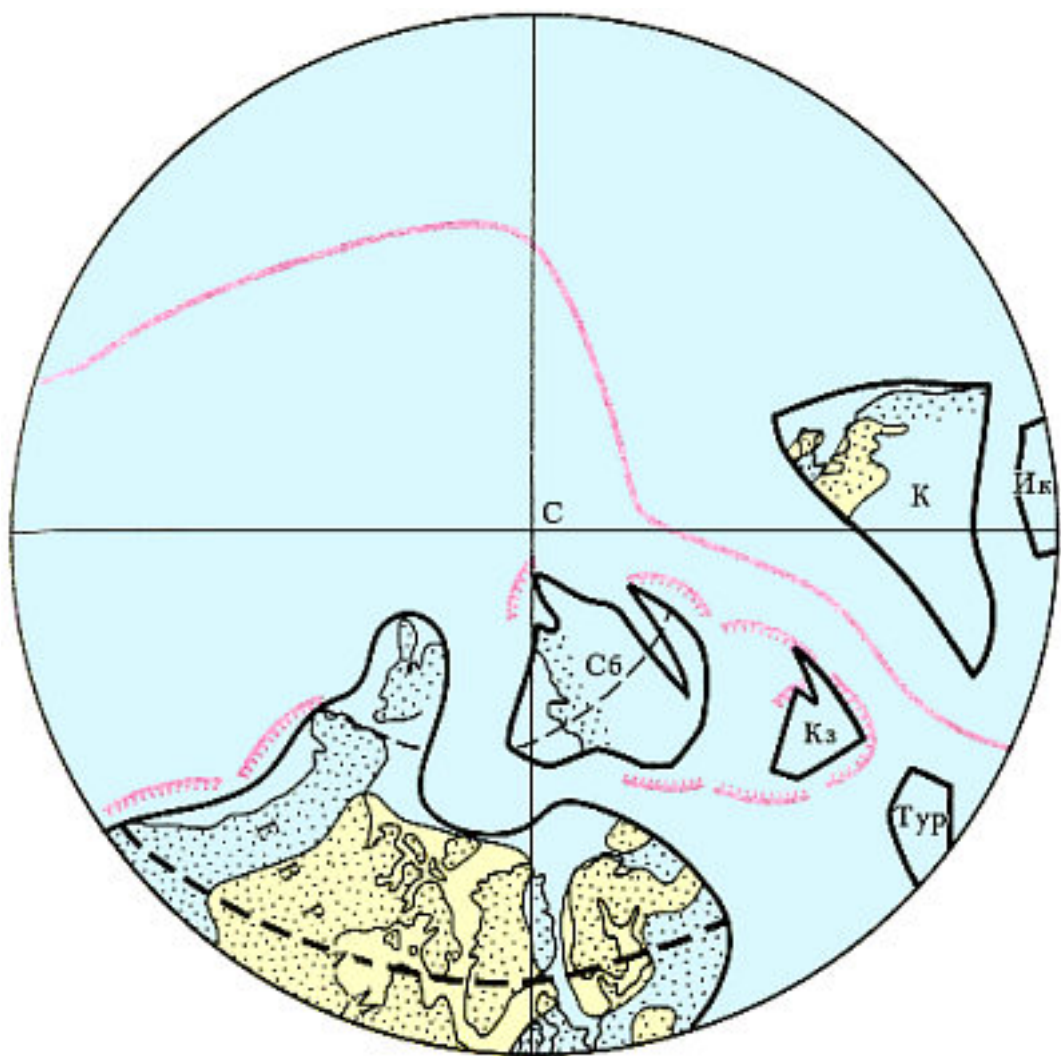
В раннем и среднем карбоне проявилась основная фаза герцинского цикла складчатости. Особенно интенсивные складко- и горообразовательные движения происходили в Евразии, территория которой до этого была занята океаническим бассейном. Боль-

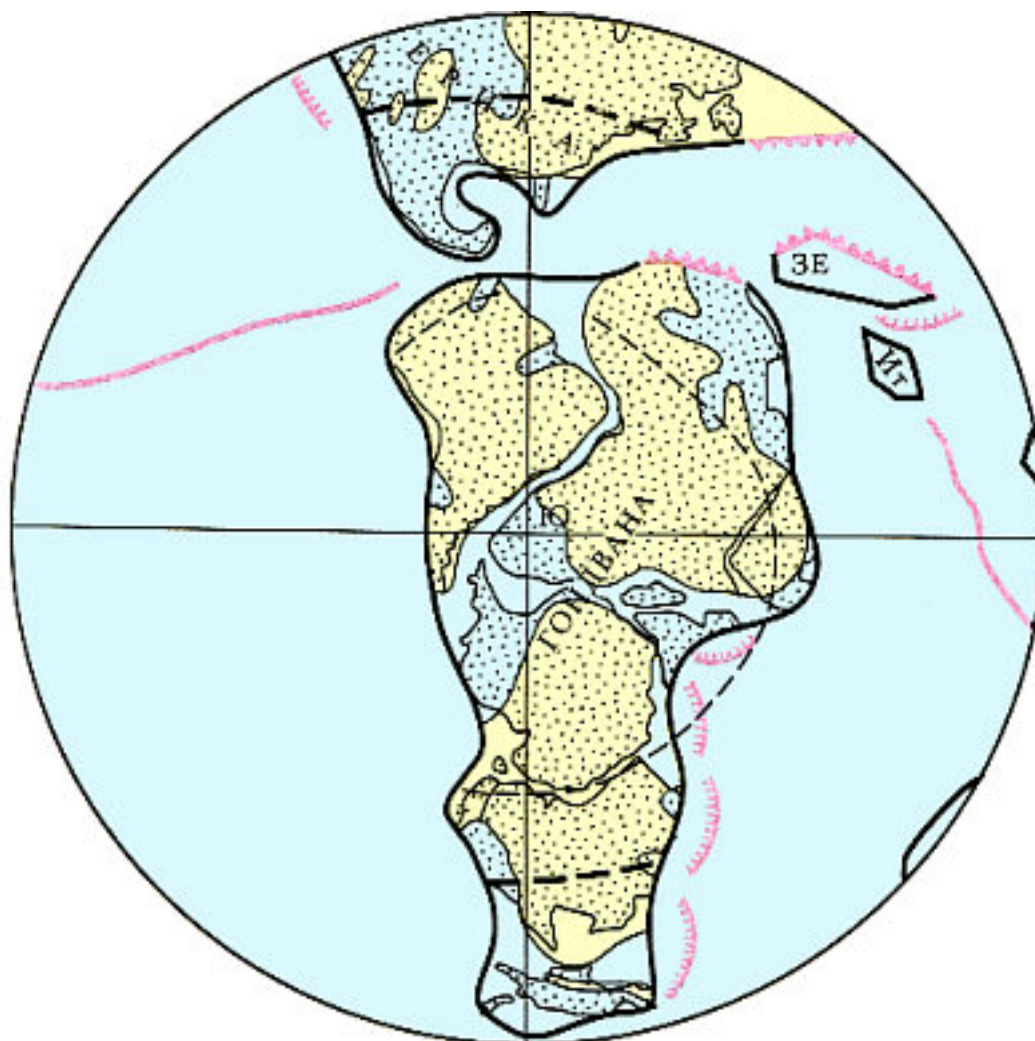
шинство прежних океанических бассейнов прекратило существование. Сближающиеся материки омывал палео-Тихий океан, а между Евразией, Китайским и Гондванским континентами возник новый океан палео-Тетис. С севера последний обрамлялся системой вулканических островных дуг.

В позднем карбоне континенты продолжали сближаться, образовался новый супергигантский материк Пангея, который был представлен на юге Гондваной, а на севере Лавразией. *Лавразия* сформировалась за счет соединения Евразии с Сибирским и Казахстанским континентами. Только Китайский континент оставался изолированным массивом и отделялся от Пангеи океаном палео-Тетис.

В течение каменноугольного периода в северном полушарии развивались морские трансгрессии. Несмотря на огромные размеры возникших при этом морских бассейнов, герцинский орогенез способствовал их быстрому осушению. Огромные пространства Северной Америки и Восточно-Европейской, Сибирской и Китайской платформ в течение всего периода оставались занятыми морскими бассейнами.

Рельеф земной поверхности сильно усложнился под воздействием герцинских тектонических движений, которые вызвали многочисленные поднятия как в пределах геосинклинальных поясов, так и на прилегающих платформах. Среди морских ландшафтов преобладали шельфовые области, а также глубоководные впадины и вулканические островные дуги. Активные воздымания земной коры и действие таких важных экзогенных факторов, как деятельность ветра и поверхностных вод на континентах, способствовали возникновению контрастного и сильно расчлененного рельефа. Наряду с приморскими озерно-аллювиальными и озерно-дельтовыми низменностями в пределах континентов существовали межгорные и предгорные низменности и возвышенности, расчлененные густой сетью речных долин.





Положение литосферных плит и срединно-океанических хребтов в раннем и среднем карбоне.

В течение каменноугольного периода продолжалось освоение суши. В начале периода растительный мир был представлен формами, типичными для позднего девона, но отличительной чертой флоры являлось резкое увеличение числа древесных форм среди плауновых, членистостебельных и папоротников. Наряду с высокоорганизованными формами продолжала развиваться флора бактерий, водорослей, мхов и грибов.

Одними из характерных представителей каменноугольной флоры были древовидные плауновые — *лепидодендроны*. Они имели так называемое *дихотомическое* ветвление, т. е. раздваивание каждого побега в верхней части ствола, и очень жесткий слой коры. На ветвях спирально располагались побеги длиной от 1 до 50 см, которые периодически опадали, оставляя на стволе ромбические рубцы. Лепидодендроны обладали сильно разветвленной кроной и достигали высоты 30–40 м. Они имели толстые, обширные, углубляющиеся в почву корневища с мелкими спи-

ральными корнями.

Древние членистостебельные были как травянистыми, так и древесными формами. Среди них обособились клинолистниковые и каламитовые. *Клинолистниковые* — это лианоподобные травянистые растения с тонким членистым и ребристым стеблем и листьями клиновидной формы. *Каламитовые* — древовидные растения высотой 20–30 м, по внешнему облику напоминающие современные хвощи.

Для этого времени были характерны древовидные папоротники высотой от нескольких метров до 30 м и примитивные голосеменные — *птеридоспериды*. Последние особенно широкое развитие получили в среднем и позднем карбоне. Они дали начало новым формам, обладавшим значительным экологическим разнообразием по сравнению с другими группами. Среди птеридосперм различались древесные формы, кустарники и линзы. Типичными представителями этой группы являлись первые семенные папоротники с крупными листьями и глоссоптериды, имевшие ланцетные листья с сетчатым жилкованием. Особую группу составляли *кордаитовые*, достигающие высоты 30 м и обладающие линейными листьями величиной до 1 м. В конце карбона появляются первые хвойные и гинкговые.

В течение карбона растительность постепенно перемещалась с приморских низменностей в глубь континентов и стала произрастать на аллювиальных и озерно-аллювиальных внутриматериковых и межгорных равнинах. В ее распределении нашла отражение ландшафтно-климатическая дифференциация

В наземной фауне каменноугольных ландшафтов происходил расцвет земноводных — *стегоцефалов*. По внешнему облику они напоминали современных гигантских ящериц и змей и обитали сильно заболоченных низменностях, мелких водоемах и болотных лесах. Появились первые древние рептилии — котиломеры — хищные, растительноядные и насекомоядные формы. Весьма богатой и разнообразной в каменноугольном периоде была морская фауна. Среди морских позвоночных важнейшее значение имели рыбы, особенно акуловые, которые переживали период своего расцвета. Весьма многочисленной была фауна беспозвоночных. В это время продолжали существовать все те типы животных, что и в предшествующие периоды. Однако своеобразие морской фауны карбона состояло в том, что почти все древние примитивные формы вымерли.

На протяжении раннего карбона на планете господствовал тропический и экваториальный климат. В Северной Америке среднегодовые температуры составляли 25–30 °С, в Закавказье 25–27 °С, на Урале 22–24 °С.

Аридный тропический климат преобладал в центральных частях Северо-Американского и Евразийского континентов (северный аридный пояс). Его южный аналог выделялся по аспрострашению аридных красноцветных пород и эвапоритов в пределах Южной Америки, Северной Африки и Северо-Западной Австралии. По положению аридных тропических поясов видно, что экваториальные влажные условия должны были существовать на юге США, в Мексике, Центральной Америке, Западной Европе и на европейской части СССР. Преимущественно в Евразии, Северной Америке и в пределах Гондваны господствовали влажные тропические условия. Более умеренные (близкие к субтропическим) условия существовали на Сибирском континенте и на юге Гондваны.

Перечисленным климатическим поясам были свойственны вполне определенные ландшафты. На суше в экваториальном поясе располагались обильно увлажненные низменности, на которых росли древовидные папоротники, птеридоспермиды и лепидодендроны. Обилие влаги и углекислоты в этих ландшафтах способствовало активному преобразованию горных пород. При этом немаловажную роль играли разнообразные биохимические и биологические процессы. Под их воздействием возникали не только почвы, но и мощные коры выветривания латеритного и каолинитового типов. В тропическом поясе в областях обильного увлажнения располагались густые леса. В многочисленных постепенно зарастающих озерах и обширных болотах захоронялись погибшие деревья и кустарники, образовавшие впоследствии мощные залежи каменного угля.

Дремучие леса каменноугольного периода, состоящие из гигантских древовидных форм — плаунов, хвощей и папоротников, напоминали современные мангровые заросли болотистых побережий тропических морей. Густое переплетение высоких кустарников, деревьев и лиан создавало непроходимые заросли и сумеречные дебри.

Увеличение объема растительной биомассы на континентах привело к усиленному потреблению углекислоты из атмосферы. Благодаря процессам фотосинтеза углекислота расщеплялась на углерод, накапливающийся в органических веществах, и свободный кислород, уходящий в атмосферу. Возрастание количества кислорода в атмосфере способствовало усилению процессов окисления минеральных соединений на земной поверхности. В более высоких широтах в раннем карбоне существовал климат, напоминающий современный субтропический или умеренно теплый. Однако его отличительной чертой было отсутствие прохладных сезонов. От тропического типа климата он отличался сравнитель-

но низкими среднегодовыми и среднемесячными температурами. Северный полюс в это время располагался на суше Сибирской платформы. Несмотря на близость полюса, климат здесь был относительно теплым, а это позволяло развиваться сравнительно теплолюбивой растительности. Характерной чертой природных условий высоких широт этого времени, так же как и в современную эпоху, являлось исчезновение солнца на долгие месяцы. Наступала длительная полярная, но, в отличие от современной, теплая ночь, в течение которой биологические процессы или вовсе прекращались, или сильно замедлялись.

Существовавший в карбоне ландшафт был фантастическим. В отличие от своих тропических сородичей — высоких деревьев с раскидистой кроной и толстыми стволами — представители растительного царства (например, плауновые) высоких широт выглядели в карбоне иначе. У них редко имелись ветвящиеся стволы. В основном это были прямые стволы без ответвлений и веточных рубцов. Толщина стволов зависела от широты местности — чем южнее они росли, тем были толще.

Во второй половине каменноугольного периода на Земле произошли значительные события, вызванные крупными тектоническими подвижками и перемещениями литосферных плит. В результате на больших пространствах временно прекратилось осадкообразование, изменился состав растительного и животного мира и ограничивалась связь полярных морских бассейнов с экваториальными. Это, а также сильное, почти двукратное снижение содержания углекислого газа в атмосфере, израсходованного на фотосинтез, привело к наступлению похолодания. Вначале в полярных областях похолодание не было столь значительным, но появление континентальной суши с ее высокими значениями отражательной способности земной поверхности вблизи Южного полюса вызвало появление горных, а затем и покровных ледников. Следовательно, суша на Южном полюсе сыграла роль глобального холодильника. В северном полярном бассейне температура воды понизилась, так как океанические воды стали плохо прогреваться и уменьшился приток вод из теплых, экваториальных бассейнов. Вероятно, что древний северный полярный бассейн, как и существующий ныне Северный Ледовитый океан, на какое-то время покрывался льдом.

В высоких широтах северного полушария в середине карбона повсеместно исчезли заросли плауновых, а их место заняла совершенно новая флора, в которой ведущую роль играли голосеменные растения — кордаиты, обладающие раскидистой кроной ветвей. А. Н. Криштофович позднепалеозойскую растительность высоких широт северо-востока Евразии называет кордаитовой

тайгой. В ней кроме кордаитов широкое распространение имели хвощи и настоящие папоротники.

По своему облику позднекарбоновая растительность этих районов относилась к умеренному типу и произрастала в условиях, когда в прохладные сезоны температура нередко опускалась ниже 0 °С.

Кордаитовой тайгой были заняты низменности, берега рек и озер. Кордаиты этого времени являлись одним из основных углеобразователей. Угленакопление происходило не только в теплых климатических поясах, но и в пределах умеренного.

Растительность холодного (нивального) и умеренного климата произрастала и в южном полушарии. Однако значительные расстояния и сильная изоляция за счет огромного океана Тетис (он находился на месте современного Средиземноморья, Средней и Центральной Азии), ширина которого превышала 3000 км, привела к тому, что на Гондване в условиях прохладного климата возникла совершенно иная растительность, не похожая на северную.

Сильное похолодание на юге гондванских материков способствовало образованию ландшафтов, напоминавших ландшафты современной Антарктиды. Ледники покрывали значительную часть Южной Африки и распространялись вплоть до среднего течения р. Конго (Заир). И до настоящего времени здесь сохранились фрагменты донных и боковых морен, а также отполированные поверхности с крупными выступами — останцами и глубокими долинами, выпаханнми ледниками. По мнению геологов, южноафриканское оледенение имело четыре самостоятельных центра. Первый, наиболее крупный, располагался в бассейне р. Оранжевой, второй — в области Грикватаун, третий — в Трансваале и четвертый — в прибрежной части Индийского океана. Ледники существовали в Южной Америке (Уругвай, Аргентина, Парагвай, Бразилия) и перемещались на северо-запад и запад. Ледниковые отложения широко распространены в Индии, Австралии и Антарктиде. За пределами ледникового щита располагались ландшафты, напоминающие четвертичные приледниковые степи.

Ледниковый покров существовал сравнительно недолго. Сохранились следы периодического его отступления и наступания. В межледниковые эпохи, а они были довольно продолжительными, климат становился умеренным и сравнительно быстро низменности покрывались густыми зарослями папоротниковых, среди которых ведущую роль играли глоссоптериевые. Их листья имели языковидную и овальную форму. На материках, расположенных в низких широтах (север Гондваны, Северо-Американ-

ский континент, Европа и юг Азии), господствовал тропический и экваториальный влажный климат. Низменности и возвышенности были покрыты густыми экваториальными влажными лесами.

По остаткам кальцитовых раковин брахиопод и кораллов имевших распространение в середине карбона в тропических морях Закавказья, Урала и Средней Азии, определялись средние температуры среды их обитания. Они равнялись 20–24 °С. В позднем карбоне фауна кораллов обеднела. Средние температуры среды обитания брахиопод понизились до 15 °С в Закавказье, а в Средней Азии — до 10 °С. Лишь температуры морей экваториального пояса оставались довольно высокими и колебались от 20 до 24 °С.

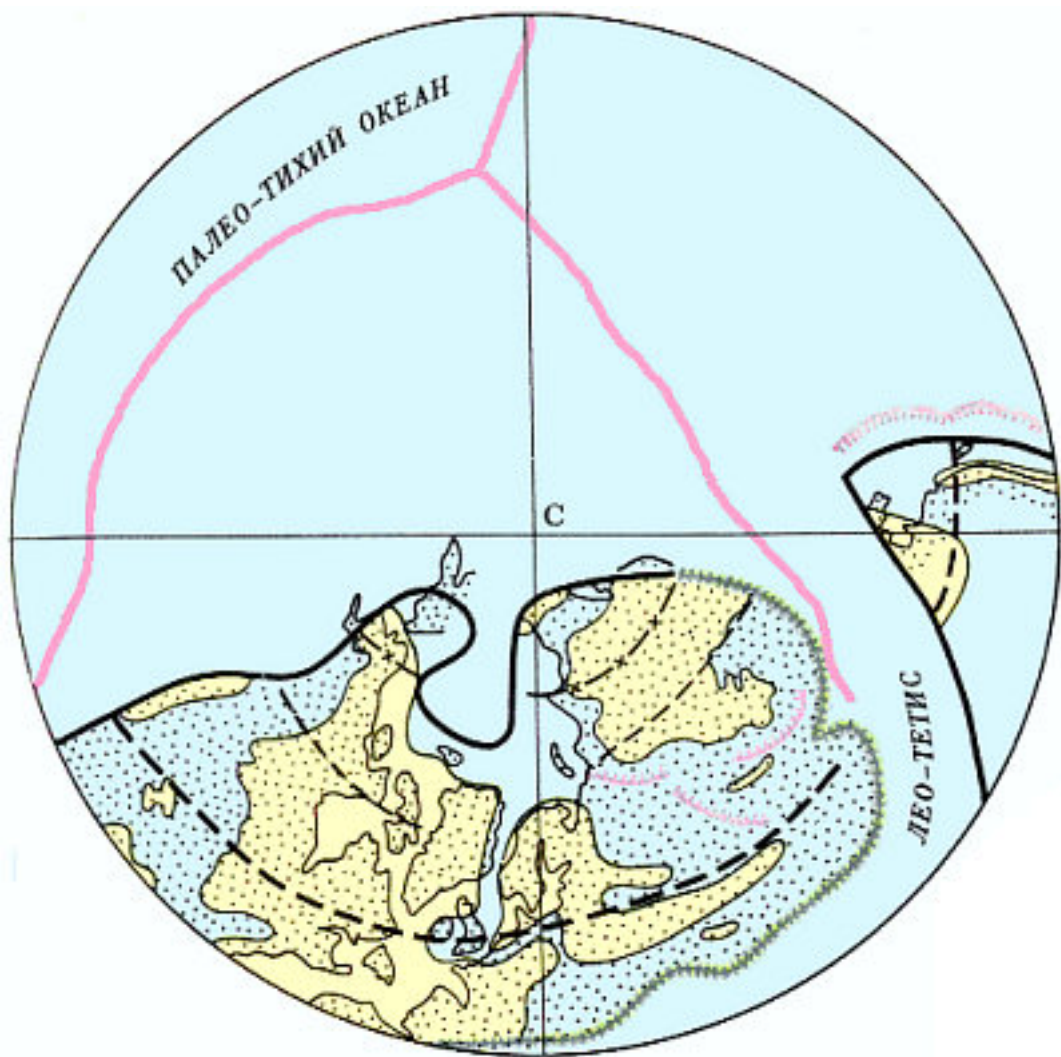
Таким образом, в позднем карбоне на Земле происходило становление многих ландшафтно-климатических зон и климатических поясов, известных в настоящее время. В южнополярном и, возможно, северополярном районах располагались области нивального климата, сходные с современными арктическим и антарктическим климатом. В южном нивальном поясе, его можно назвать Южно-Гондванским, формировался мощный ледниковый покров, а в северном — морские льды.

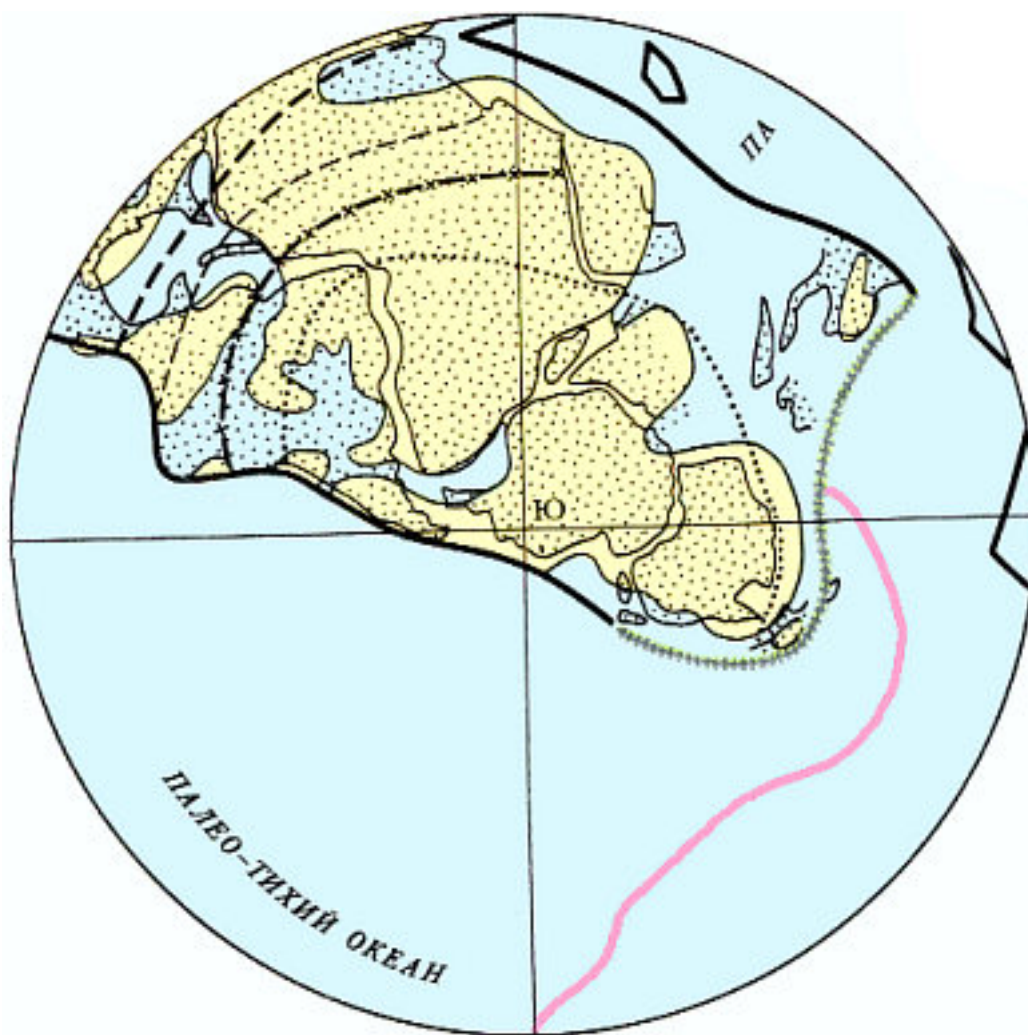
Области нивального климата обрамлялись северным и южным умеренными поясами. Наряду с низкими среднегодовыми температурами влажность здесь была незначительной, что ограничивало развитие растительности.

В пределах южного и северного поясов субтропического и тропического климата существовал сильный дефицит влаги. Выделялись области с сезонным проявлением засушливого климата. В северном субтропическом и тропическом поясах таковыми являлись территории современного Казахстана, Монголии, Северного Китая. Здесь существовали разреженный растительный покров (ксерофильные редколесья), были слабо развиты гидрографическая сеть и озерно-болотные системы. В наиболее засушливых секторах располагались пустыни.

Области тропического влажного климата смыкались с экваториальной областью и характеризовались широким развитием лепидодендроновых, каламитов, птеридоспермид и древовидных папоротников.

В *пермском периоде* завершился герцинский этап развития. Это было время активного орогенеза, сопровождающегося интенсивным вулканизмом. Сильные складкообразовательные движения происходили в тех же областях, что в каменноугольном периоде.





Положение литосферных плит и срединно-океанических хребтов в позднем карбоне и ранней перми.

Главные особенности герцинского цикла развития-возникновение новых структур земной коры и сильное сокращение площади морских ландшафтов. Вновь возникшие поднятия земной коры уже во второй половине пермского периода подверглись сильной денудации. Присоединение герцинских возвышенных сооружений (герцинид) к денудированным каледонским структурам и устойчивым массивам привело к значительному разрастанию площади платформ. В течение герцинского орогенеза сформировались крупные устойчивые структуры земной коры с платформенным развитием, которые в отличие от древних платформ носят название эпигерцинских платформ, или плит. Такими, в частности, являются Скифская, Туранская и Западно-Сибирская плиты.

В течение ранней перми Гондвана, располагавшаяся в южном околополярном районе, переместилась в северо-западном направлении и соединилась с Еврамерикой. Последняя в это время

находилась в приэкваториальной области. Многие микроконтиненты причленились к вновь созданному суперконтиненту Пангея. Только Китайский континент был изолирован и отделялся от Пангеи океаном палео-Тетис.

Места соприкосновения, смыкания и столкновения континентов были отмечены поясами герцинского складко- и горообразования. Особенно ярко это проявилось в Аппалачах и на Урале. Вдоль Аппалачей соединялись Северо-Американский и Африканский континенты, а Уральский складчатый пояс с его современным продолжением — Мугоджарами, Салаиром и Зайсаном и фундаментом Западно-Сибирской плиты образовался в месте столкновения Сибирского и Казахстанского континентов с Евразией.

Тектоническая активность в пермском периоде способствовала возникновению динамичного и сильно расчлененного рельефа. Наиболее сложным и контрастным рельеф стал во второй половине перми в северном полушарии, главным образом в тех местах, где завершались герцинские складкообразовательные движения и активно протекали экзогенные процессы. На платформах располагались слабо всхолмленные равнины и низменности, разделенные увалистыми водораздельными и выровненными возвышенностями. Крупные горные сооружения имели высоту 2000–3000 м. На платформах в ранней перми существовала довольно хорошо развитая гидрографическая сеть. Области активизации платформ и каледонид представляли собой выровненный, но возвышенный рельеф с относительно глубоко врезанными долинами рек и разветвленной овражно-балочной системой. Высокие хребты, горные массивы и глубокие межгорные и предгорные котловины были характерны для областей активного поднятия в пределах складчатых поясов, осложненных процессами сильной денудации. В межгорных котловинах располагались озера, а предгорные котловины обрамлялись крупными конусами выноса обломочных пород.

В пределах Гондваны находились платообразные поверхности и низменности с отдельными крутосклонными крупными котловинами. Возвышенный рельеф имелся лишь в районах сочленения платформ с растущими герцинидами. Такие сооружения находились на северо-западе Африки, западе Антарктиды, западе и юго-западе Южной Америки и востоке Австралии.

Под влиянием значительных изменений природных условий в пермском периоде (главным образом сокращение акватории морских бассейнов, усиление континентальности, изменение температурных условий и т. д.), и из-за естественного эволюционного процесса органический мир стал более высокоорганизованным и

приобрел новые черты.

Среди морских беспозвоночных широкое распространение получили представители отряда корненожек (фораминифер) — *фузулиниды*, и новый класс головоногих моллюсков — *аммоноидеи* и *брахиоподы*. Несколько сократилась роль четырехлучевых кораллов, табулят, мшанок и иглокожих, но они продолжали оставаться основными рифостроителями. Так, в строении рифовых комплексов Предуралья, протяженность которых составляет сотни километров, главная роль принадлежала кораллам и мшанкам.

Конец перми ознаменовался вымиранием подавляющего большинства палеозойских групп. Исчезли четырехлучевые кораллы, табуляты, фузулиниды и почти все наутилоидеи, древние морские ежи и лилии.

Большие изменения произошли в видовом составе, фауны водных позвоночных. Сильно уменьшилось разнообразие среди рыб. Вымерли занимавшие промежуточное положение между хрящевыми и костными акулообразные рыбы (акантодии), многие акуловые, древние лучеперые, резко сократилось количество кистеперых и двоякодышащих рыб.

Изменения природных условий сказались на эволюции растительного покрова и наземных позвоночных. Жизнедеятельность наземных организмов протекала в более экстремальных условиях, и они больше, чем морские формы, были подвержены действию перепада температур и влажности.

В растительном царстве высшие споровые и примитивные голосеменные утратили ведущее положение, основную роль стали играть более высокоорганизованные голосеменные растения — цикадовые (саговообразные), хвойные и гинкговые.

Цикадофитовые (саговообразные) по своему строению и внешнему виду напоминали семенные папоротники. Мелкорослые формы имели короткие и клубневидные стебли, а древовидные формы — прямые и столбообразные стволы, заканчивающиеся широкой кроной у вершины. Листья — крупные и перистые. Гинкговые были довольно большими деревьями с сильно разветвленной кроной и очень своеобразными листьями в виде веерной пластинки (цельной или сильно рассеченной) представленные деревьями и кустарниками, обладали линейными или игловидными листьями.

Замена одной флоры другой наиболее интенсивно происходила в областях с жарким климатом, а в умеренном климате долгое время соседствовали реликты кордаитов, глоссоптериевой и каламитовой флоры с представителями голосеменных

Значительные изменения происходили и в животном царстве суши. Под сильным натиском рептилий земноводные постепенно утрачивали свои позиции и уступали жизненное пространство. В течение ранней перми постепенно исчезли некогда многочисленные примитивные амфибии. Им на смену пришли крокодилоподобные *лабиринтодонты*. Эти животные жили в условиях переменного-влажного климата с короткими сезонами засухи, в неглубоких озерах и широких реках со спокойным течением. Одни из них обладали слаборазвитыми конечностями и могли только плавать, другие имели сильные крупные конечности, которые позволяли им передвигаться по суше.

Как известно, амфибии обладают интенсивным испарением влаги с кожного покрова, которое сопровождается общим охлаждением тела. В жаркой и влажной атмосфере карбона такая реакция организма животного была защитной функцией. Однако в условиях засушливого климата пермского периода эта функция стала действовать во вред животным, вызывая периодическое обезвоживание и переохлаждение организма, в результате чего одни амфибии стали приспосабливаться к изменившимся условиям, а другие вымерли.

В середине карбона появились древние группы рептилий — *котилозавры* и *пеликозавры*, а в ранней перми они достигли своего расцвета. Прогресс этих животных был вызван рядом преимуществ перед амфибиями. Они обладали более совершенным легочным дыханием, интенсивным кровообращением, имели плотный роговой покров, предохраняющий их от избыточного испарения, и были способны размножаться на суше.

В ранней перми была ярко выражена климатическая зональность. На земном шаре выделились экваториальный, два тропических, два субтропических, два умеренных пояса с различными режимами увлажнения.

Тропическим и экваториальным морям было свойственно большое видовое и родовое разнообразие фауны кораллов, фузулинид, водорослей, головоногих и двустворчатых моллюсков. Например, наиболее характерная для перми группа брахиопод превышала 300 видов. В мелководных шельфовых областях располагались крупные рифовые массивы — барьерные, береговые и атолловые.

Континентальные пространства экваториального равномерно-влажного климата покрывались своеобразными лесами, которые С. В. Мейен выделяет под названием Америкосинийского царства. Наряду с голосеменными и папоротниковыми в этих лесах продолжали существовать карбоновые реликты — гигантские плауновые (лепидофиты), крупные папоротниковые, семенные расте-

ния (птеридоспермы) и древовидные хвощевые растения — каламиты.

В пределах тропических аридных секторов южного и северного полушарий располагались пустыни и полупустыни, существовали моря и обширные заливы с повышенной соленостью вод. Они были крупнейшими солеродными бассейнами. Аридные условия в течение ранней перми в северном полушарии существовали в центральной части Северной Америки, на большей территории Европы, в Казахстане и Средней Азии. В южном полушарии сильная засушливость была характерна для центральной части Южной Америки и северо-запада Африки.

К северу и югу от аридных секторов тропического пояса находились районы с относительно высокой увлажненностью, в пределах которых располагались низменности и холмистые возвышенности, покрытые влаголюбивыми лесами, крупные озерно-болотные и озерно-речные системы. Долины рек имели широкие русла, крупные поймы и старицы. Обилие влаги и богатая растительность способствовали углеобразованию.

В сторону полярных областей карбонатность морских и красноцветность континентальных отложений снижались. Это вместе с особенностями флористических и фаунистических сообществ свидетельствовало об умеренном температурном режиме. Среднегодовые температуры вод морей умеренного пояса изменялись в пределах 10–14 °С.

Характерным районом господства умеренного влажного климата являлась современная Сибирь. В ее лесах полностью отсутствовали теплолюбивые лепидофиты, древовидные каламиты и папоротники. Абсолютное господство принадлежало кордаитам. Они облагали годичными кольцами нарастания и периодически сбрасывали листву. Хотя в течение ранней перми происходило значительное расширение их ареала, однако в конце пермского периода их ареалы сильно сократились. Предполагается, что среднегодовая сумма осадков составляла в умеренном и субтропическом поясах 1000–1200 мм, а в экваториальном влажном превышала 1500 мм.

Умеренно холодные условия в течение ранней перми существовали в современной Восточной Австралии и, возможно, в Коряко-Камчатской области. В Восточной Австралии еще в начале перми сохранились ледники, скорее всего горного типа, о чем свидетельствуют переуглубленные долины и формы ледникового рельефа, свойственные горным областям. В Коряко-Камчатской области обнаружены образования, сходные с ледниково-морскими.

Со временем влажный прохладный климат сменился более теплым, а в тех районах, где в начале перми были умеренные условия, стали преобладать субтропические. Это отразилось не только на составе органического мира, но и на особенностях осадконакопления и литологическом составе отложений. В течение позднепермской эпохи сильно расширились пояса тропического и экваториального климата, что дает нам полное основание предполагать существование повышенного температурного режима на Земле. Средние температуры тропических морей (например, в Закавказье) составляли 20–26 °С. Более высокие значения были свойственны морям экваториального пояса.

По сравнению с ранней пермью сильно расширились секторы аридного тропического климата. Обильнее шло соленакопление в пределах платформенных морей и заливов с высокой соленостью вод. Аридизация охватила также районы с умеренным климатом и, как следствие, пространства, ранее покрытые густыми кордаитовыми лесами, уступили место ксерофильному редколесью.

Таким образом, в палеозойский этап истории Земли в результате каледонского и герцинского тектонического циклов были созданы новые структуры земной коры. Многие океаны и моря прекратили свое развитие. За счет столкновения континентов увеличивались площади устойчивых структур и образовались эпипалеозойские платформы. В конце палеозоя впервые в геологической истории Земли между вновь возникшими герцинскими горными сооружениями и древними платформами образовались узкие, но протяженные прогибы, названные передовыми, или краевыми. В ландшафтном отношении они представляли собой предгорные низменности с хорошо развитыми озерными и речными системами.

В результате интенсивных тектонических движений и экзогенных процессов сформировался высокий, сильно расчлененный и дифференцированный рельеф.

В позднем палеозое климатическая зональность Земли усложнилась и вместе с тем — происходили значительные изменения климата. Наиболее мягкий морской климат преобладал в конце девона и в раннем карбоне, а в течение раннего девона и большей части перми господствовали аридные условия. В позднем карбоне произошло обширное материковое оледенение, охватившее территорию многих современных континентов южного полушария и Индию.

Весьма знаменательным событием позднепалеозойского этапа развития органического мира явился выход на сушу животных и растений. Сравнительно быстро растительность осваивала сушу

и заняла возвышенные и сильно удаленные от моря участки.

Неравномерное заселение суши организмами и различия в почвенно-растительном покрове низменных котловин, приморских равнин, возвышенностей и горных массивов создали целую гамму ранее неизвестных ландшафтных обстановок. Наиболее активно развивались области, примыкавшие к морским бассейнам. Здесь в условиях высоких температур и влажности активно протекали почвообразовательные процессы и существовала обильная органическая жизнь.

Увеличение общего объема растительности в позднем палеозое активизировало поступление в атмосферу свободного кислорода и резко понизило баланс углекислого газа. Данный процесс оказал и важное обратное воздействие на растительность и животный мир, так как в этом случае происходила значительная активизация процессов обмена веществ, усилилось воздействие атмосферы на климат, шла интенсификация почвообразовательных и корообразовательных процессов, а также процессов осадконакопления.

Природные условия мезозойской эры

Мезозойская эра, или эра средней жизни — довольно продолжительный отрезок геологической истории Земли длительностью около 175 млн. лет. Несмотря на то что мезозой затерян в дедрах далекого прошлого, о существовании в то время природных условий, разнообразных ландшафтов, о составе атмосферы, солености и глубинах морей и океанов, холодных и теплых течений, животных и растительном покрове можно судить — уверенно и подробнее реконструировать их, чем например палеозоя. Отложения морского и континентального происхождения мезозойского возраста весьма многочисленны и распространены достаточно широко на всех континентах. Они содержат обильные остатки беспозвоночных и позвоночных животных, стволов и веток, отпечатки побегов и листьев, многочисленные споры и пыльцу растений. В отложениях запечатлены следы тектонических движений, вулканизма и экзогенных преобразований.

В отличие от более древних периодов геологического прошлого, когда о ландшафтах и особенностях органического мира мы могли судить только по изучению отложений современных континентов, начиная со среднего мезозоя появляются геологические данные по морям и океанам. Благодаря глубоководному бурению на основании изучения керна скважин получены неоценимые сведения не только о составе и возрасте пород залегающих

на глубинах нескольких сот и даже тысяч метров от поверхности дна океанов, но и об условиях их образования.

В течение мезозоя в разных районах планеты периодически происходили интенсивные складкообразовательные и горообразовательные движения, сопровождаемые обильными вулканическими извержениями. Осуществлялось не только разрастание устойчивых областей земной коры, но и расколы континентов по крупным разломам с образованием рифтовых зон и активные перемещения литосферных плит.

Триасовый период — время раскола земной коры

В течение триасового периода, продолжавшегося около 35 млн. лет, в результате крупнейших расколов земной коры Пангея — этот супергигантский материк — разделился на два крупнейших материка — Гондвану и Лавразию.

Ранний триас — время полного завершения герцинского орогенеза. Поднятия и складкообразовательные движения в это время обозначились в Аппалачах, в пределах Мексиканского залива, на о-ве Тасмания, в Восточной Австралии, на юге Африки (Капские горы) и в Монголо-Охотском поясе.

Поднятиями были охвачены обширные платформенные участки. Области активизации платформ и орогенные области характеризовались не только активным воздыманием, но и формированием глубинных разломов и интенсивным вулканизмом. В триасовом периоде произошел распад Гондваны и Лавразии. Вдоль возникших глубинных разломов, предопределивших контуры современных материков южного полушария, впоследствии образовались глубокие протяженные впадины — рифтовые зоны, вначале весьма похожие на современные рифты Байкала или зону Великих Африканских разломов.

На границе палеозоя и мезозоя разломы рассекли многие устойчивые участки земной коры. Например, на Сибирской платформе они явились центрами излияний базальтовых лав, известных под названием трапшов. Эти *траппы* имеют мощность около 15 км и занимают территорию свыше 500 тыс. км².

В конце среднего триаса отдельные участки Тихоокеанского, Верхоянского, Кордильерского, Средиземноморского геосинклинальных поясов, а также некоторые герцинские структуры (Шпицберген, Мангышлак, Туаркыр), залитые морем, были приподняты и подверглись размыву.

В конце триасового периода произошла новая вспышка вулканизма. По ожившим древним и вновь образованным разломам на земную поверхность с глубины в несколько сот километров устремились потоки базальтовых лав. Под тяжестью многокило-

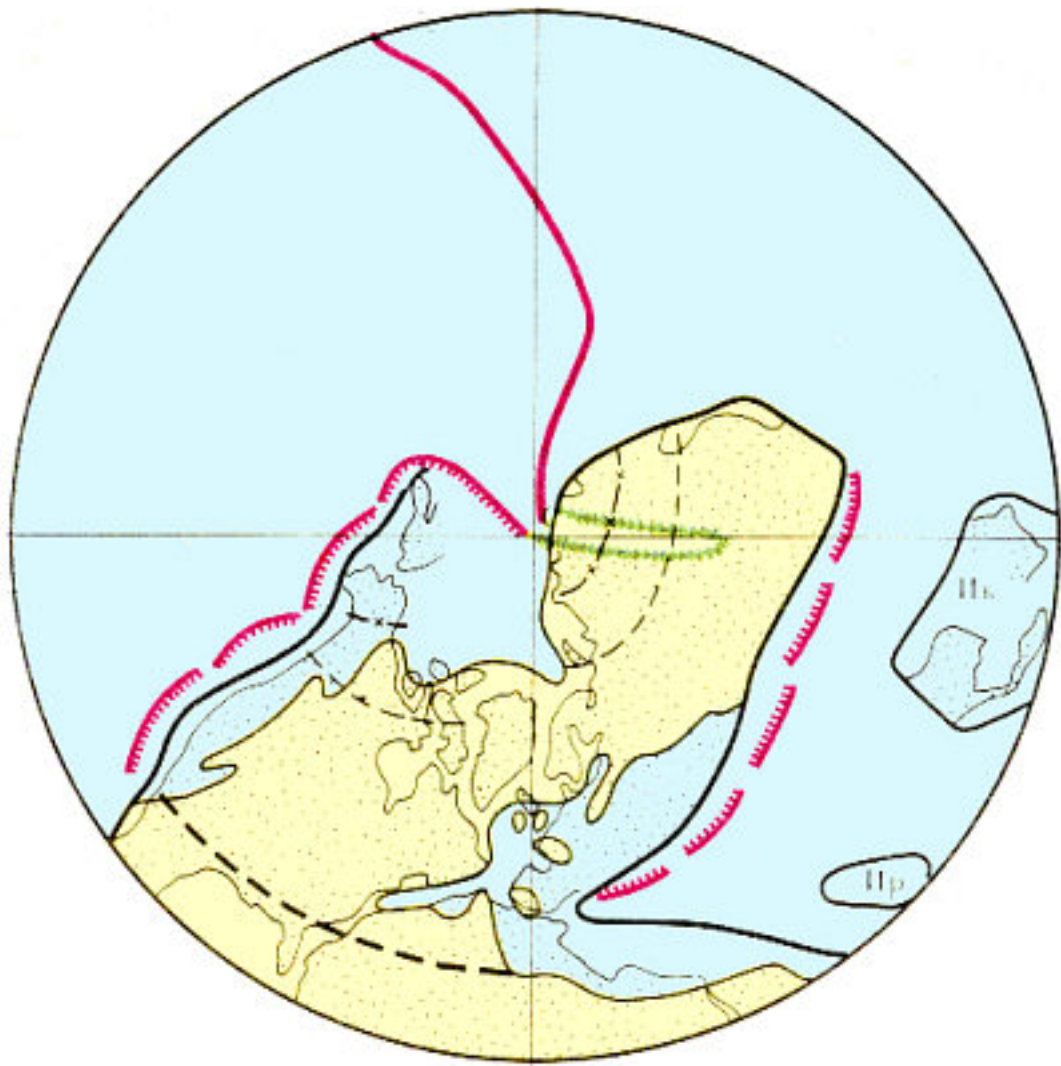
метровых толщ базальтов земная кора прогибалась, и по возникшим трещинам изливались новые порции базальтовых лав. Новая тенденция в развитии литосферы Земли наметилась в связи с расколом Пангеи и раздвижением континентов в разные стороны. В это время полностью закрылся океан палео-Тетис, Китайский континент причленился к Евразии, возник новый мезозойский океан Тетис, располагавшийся между Евразиатским и Африканским континентами. Тетис сильно сужался к западу и расширялся в восточном направлении. Это дало основание установить существование в Тетисе двух расходившихся на восток ветвей срединно-океанических хребтов. Северная ветвь охватывала Альпы, Карпаты, Балканы, Малый Кавказ и Эльбурс, а южная — Аппенины, Динариды, Анатолию и Южный Иран. Между этими хребтами располагались микроконтиненты: Итальянский, Родопский, Иранский. В то далекое время максимальная ширина мезозойского океана Тетис составляла 2500 км.

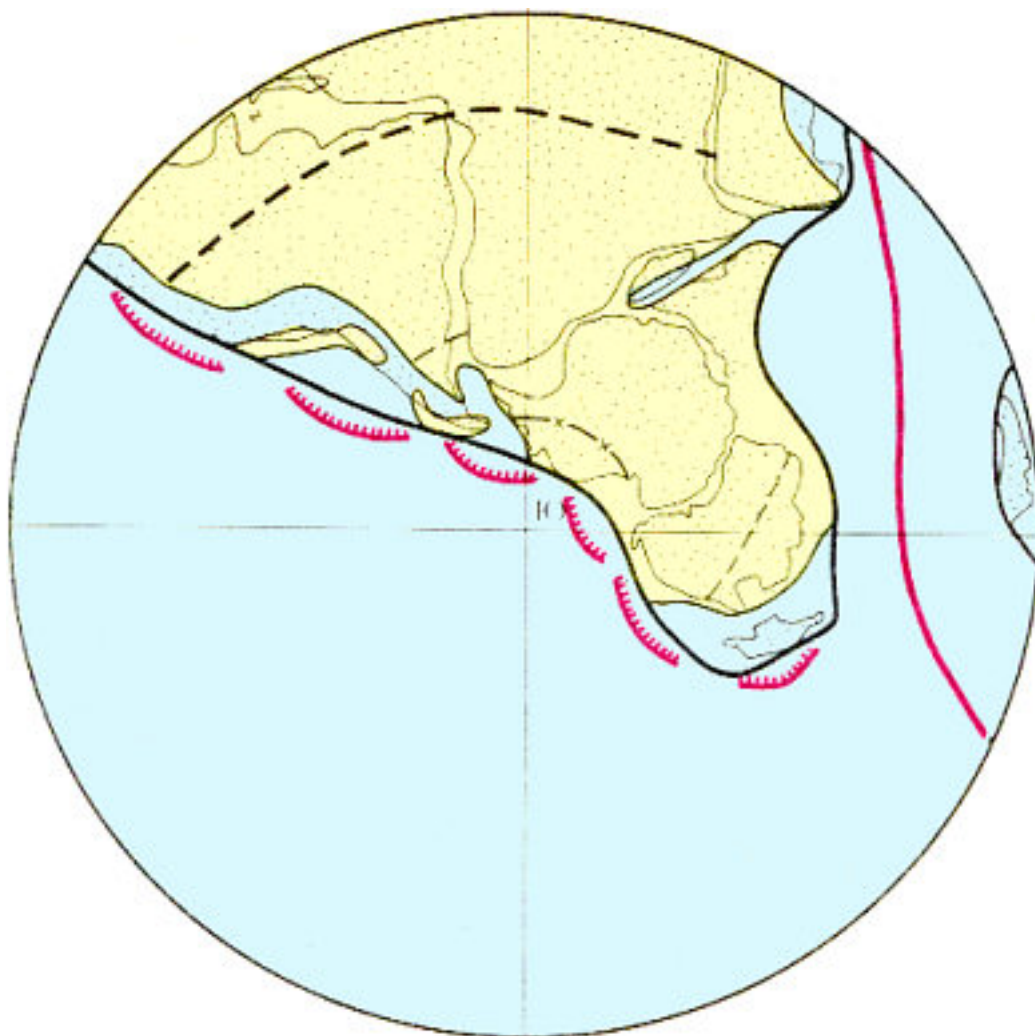
Вдоль рифтовых зон начала раскрываться Северная Атлантика, находившаяся между Северо-Американским и Африканским континентами. Южная Америка соединялась с Африкой, но отделялась от Северной Америки океаническими просторами, существовавшими на месте современного Карибского моря и Мексиканского залива.

В триасовом периоде произошло образование частей современного Северного Ледовитого океана. Во всяком случае, в настоящее время вскрыты погребенные под чехлом мощных толщ осадочных образований грабены, многие из которых располагаются в пределах Западно-Сибирской низменности и раскрываются в северном направлении. Западно-Сибирская низменность должна была стать океаном, но дальнейшее сближение Европы и Сибири помешало этому.

Растяжение литосферы с образованием океанов компенсировалось сжатием на континентальных окраинах, в результате которого появились вулканоплутонические комплексы на окраине Евразии (Монголия, Забайкалье, Юго-Восточный Китай). На западных окраинах Северной и Южной Америки существовали протяженные островные дуги, сходные с современными островными дугами восточной акватории Тихого океана. Островные дуги имелись также в пределах современной Новой Зеландии и Новой Каледонии, а также в Западной Антарктиде.

В тесной зависимости от тектонической жизни планеты развивались морские трансгрессии и регрессии. Рост размеров суши и увеличение ее гипсометрического уровня в основном осуществлялся за счет горообразовательных процессов, проявлявшихся на границах литосферных плит.





Положение литосферных плит и срединно-океанических хребтов в поздне триасовой эпохе.

В среднем триасе сократились площади осадконакопления на платформах, и многие из них были приподняты и подвержены размыву. На окраинах и в центральных частях древних платформ и эпигерцинских плит образовались узкие, глубокие грабенообразные прогибы — авлакогены, которые заполнялись грубым терригенным материалом, а иногда и угленосными толщами.

В поздне триасовую эпоху площадь эпиконтинентальных морей увеличилась незначительно, однако трансгрессии были кратковременными. В это время возникли складчатые структуры, так называемые *ранние мезозойды*. Древнекимммерийская фаза складчатости проявилась в Индонезии, Индокитае, Тибете, Северном Афганистану, на Эльбурсе, Кавказе и Балканах.

Однако несмотря на довольно обширные поднятия, рельеф континентов не отличается большими контрастами и высотой. На платформах господствовали аккумулятивные и денудационные равнины. К первым относятся крупные озерно-аллювиаль-

ные внутриконтинентальные комплексы, озерно-дельтовые приморские и эоловые (пустынные) низменности с небольшими увалистыми водораздельными возвышенностями, а ко вторым — денудационные холмистые и возвышенные равнины. Спокойные плавные очертания рельефа иногда нарушались узкими и протяженными впадинами. В них обычно располагались речные долины и озера. Глубина морей, покрывавших современные континенты, была небольшой. Только в геосинклинальных областях и вблизи срединно-океанических хребтов существовал контрастный рельеф с перепадами глубин в несколько тысяч метров.

Сильные изменения произошли в триасовом периоде в составе органического мира. На смену вымершим в конце перми группам фауны и флоры пришли новые. Наземный растительный мир знаменовался появлением важнейших представителей хвойных и дальнейшим развитием гинкговых и цикадофитовых. Наряду с ними продолжали существовать реликты палеозойских семенных папоротников, кордаитов и каламитов, которые, однако, уже в середине триаса вымерли.

Животному царству суши было свойственно преобладание рептилий и заметное сокращение земноводных, в частности стегоцефалов. Существенные изменения произошли в классе рептилий. Зверообразные и котилозавры вымерли, и им на смену в середине триаса пришли динозавры. В триасе появились и первые млекопитающие. Это были мелкие и весьма немногочисленные животные.

Органический мир морей был довольно богат и многообразен. В мелководных, нормально-соленых условиях большого расцвета достигли головоногие моллюски — аммониты и белемниты. Аммониты в отличие от своих позднепалеозойских предков имели более сложное строение и весьма богатую и разнообразную скульптуру горизонтально завитой раковины. Сильно видоизменилась фауна двустворчатых моллюсков — появились устрицы, возникли новые роды среди брюхоногих моллюсков и морских ежей, а также первые представители шестилучевых кораллов. Большого разнообразия достигли морские позвоночные. К плавающим пресмыкающимся относились многочисленные ихтиозавры и плезиозавры, а среди рыб преобладали костистые. Практически повсеместное распространение имел однотипный теплолюбивый комплекс морских беспозвоночных. Например, остатки одних и тех же рептилий и амфибий, жизнедеятельность которых прекращалась при среднегодовых температурах ниже 10 °С, обнаружены даже на крайнем северо-востоке и востоке Евразии и в южной части Австралии, т. е. в тех районах, которые по палеомагнитным данным располагались вблизи Северного и Южного по-

люсов. По-видимому, даже в околополярных районах в раннем и среднем триасе температура вряд ли опускалась ниже уровня, характерного для субтропического пояса.

В течение раннего и среднего триаса на Земле существовали четыре основные природные зоны: экстрааридная (пустынная), умеренно аридная зона сухих и опустыненных саванн, переменнo-влажная и равномерно-влажная.

Экстрааридные условия господствовали на значительной части Северо-Американского, Африканского, Евразийского материков, на севере Южной Америки и в Австралии. В этих районах располагались крупные пустыни с характерными эоловыми формами рельефа — дюнами, барханами и такырами. Пустыни пересекались только редкими транзитными крупными реками. В одиночных оазисах, находившихся на берегах водоемов и в речных долинах, произрастали устойчивые к засухе деревья, главным образом своеобразные хвойные и цикадофитовые. В редких пресноводных и слабозасолоненных бассейнах существовал резко обедненный в видовом и родовом отношении комплекс остракод и двоякодышащих рыб.

Более умеренные аридные тропические условия в течение значительной части триаса преобладали на севере Северной и Южной Америки, в Северной Европе, Западной и Южной Сибири, Китае и Монголии. Растительный покров не был сплошным, но оазисы встречались значительно чаще, чем в экстрааридной зоне. Состав растительности в них был довольно разнообразный. Наряду с позднепалеозойскими реликтами (папоротники и кордовые) здесь господствовали хвощевые.

Густые заросли из сравнительно влаголюбивых ассоциаций растений располагались в широких долинах, на побережьях крупных озер и приморских низменностях.

В переменнo-влажной области тропического климата господствующим типом ландшафта являлась лесная саванна. Фауна морей переменнo-влажной и умеренно аридных областей тропического пояса отличалась богатством видов и родов. На шельфах наряду с кораллами, брюхоногими двустворчатými и головоногими моллюсками, мшанками, морскими ежами и лилиями обитали рыбы и водные рептилии. Среди последних особо выделялись ихтиозавры (рыбоящеры) и плезиозавры. Ихтиозавры — эти хищники мезозойских морей — были великолепными пловцами. Размеры их превышали 2 м. Они имели гладкую кожу, удлинённый череп с зубастой пастью. Тело заканчивалось вертикальным кожистым хвостовым плавником. В отличие от ихтиозавров плезиозавры имели массивное тело, короткий хвост, ластообразные конечности, очень длинную шею и маленькую голову. Массив-

ность и строение тела позволяли плезиозаврам обитать только в воде и передвигаться в пределах обширных мелководий с глубинами, не превышающими 2–4 м. Их размеры достигали 15 м.

Приморские и внутриматериковые озерно-аллювиальные равнины в областях переменного-влажного и умеренно аридного климата являлись основным местообитанием рептилий. В этих условиях существовали ящеротазовые динозавры (их иногда называют *ужасными ящерами*) и амфибии.

Большое распространение в триасе имели *листрозаурусы*. Эти пресмыкающиеся достигали в длину 120 см. Массивное тело держалось на коротких и сильных ногах, челюсть изгибалась кверху, все зубы были направлены внутрь и только два небольших клыка выпирали наружу. Находки скелетов листрозаурусов, этих типично сухопутных животных, в Африке, Южной Америке, Индии, Австралии и Антарктиде доказывают единство материков в виде Гондваны и отсутствие в триасовое время каких-либо разделявших их крупных водных преград.

Равномерно-влажные тропические условия в течение всего триаса господствовали в Юго-Восточной Азии, Индии, Южной Америке и Антарктиде. Здесь главенствующее положение занимали лесные и озерно-болотные ландшафты. В составе лесов принимали участие такие представители голосеменных, как цикадофитовые, беннеттитовые, гинкговые, а также древовидные папоротники, плауны и хвощи.

На приморских озерно-дельтовых и озерно-аллювиальных низменностях в условиях экваториального влажного климата располагались густые заросли лесов, напоминавших современные дождевые экваториальные леса. В их состав входили древовидные папоротники, цикадофитовые и беннеттитовые. Обилие влаги и растительной массы способствовало накоплению залежей угля.

Хотя площадь аридного климата сократилась, но особенности осадконакопления и характер жизнедеятельности животных по сравнению со средним триасом существенно не изменились.

Наиболее прохладные условия в течение триасового периода существовали на северо-востоке Евразии. По сравнению с другими областями здесь обнаружено очень малое содержание карбонатного материала (одного из основных показателей теплого климата), установлен иной тип растительности и животного царства, в котором отсутствуют типичные группы тропических организмов (кораллы, морские ежи). Остатки морских беспозвоночных обладают нежными и тонкими раковинами.

На протяжении триасового периода наблюдается очень интересная зависимость организмов от окружающей среды. Вслед-

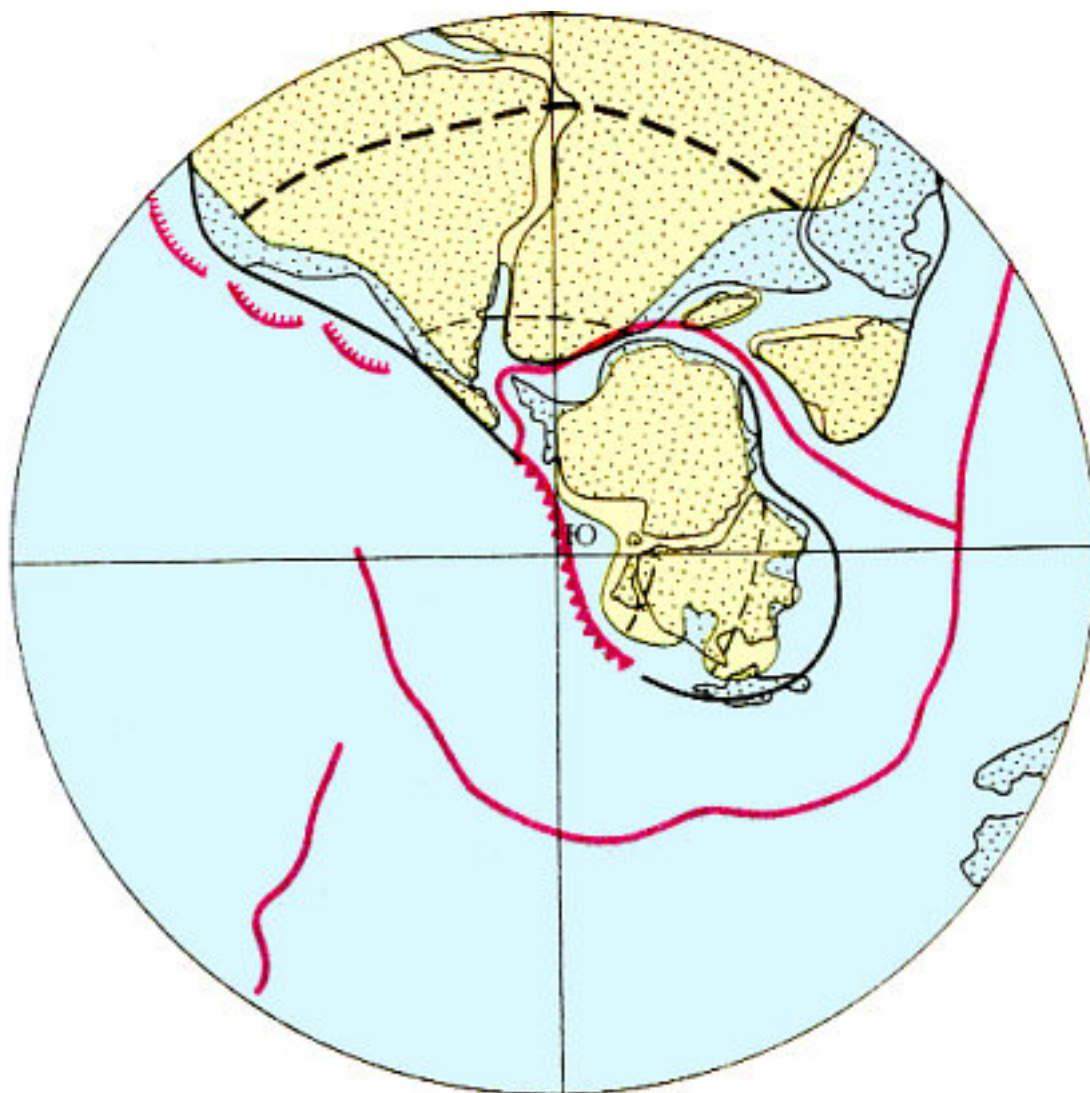
ствие возрастания сухости воздуха в первой половине триаса многие рептилии были вынуждены проводить значительную часть времени в неглубоких озерах, реках и в прибрежных зонах морей. Причем некоторые из них (ихтиозавры и плезиозавры) по мере увеличения аридизации стали совсем водными формами. Другие, наоборот, приспособились к обитанию на суше и приобрели толстый роговой панцирь, предохраняющий их от испарения и перегревания. В конце триаса ввиду сильного изменения ландшафтно-климатических обстановок произошло обновление фауны рептилий.

Юрский период — расцвет динозавров

Юрский период — один из самых характерных периодов мезозойской эры. Во многих отношениях он отличается от триасового, и главное заключается в том, что юра — это время типично морских условий в жизни континентов. Отмечаются две морские трансгрессии, которые одновременно охватили почти все континенты. Они проявились в конце раннеюрской и начале позднеюрской эпохи и разделялись отчетливой регрессией среднеюрской эпохи.

Тектоническая жизнь на планете в течение юрского периода была более интенсивной, чем в триасе. Для этого периода типичны процессы складко- и горообразования, происходившие в результате столкновения литосферных плит, и крупные нарушения глыбового характера в пределах платформ и областей активизации. Образование горстовых поднятий и грабенов сопровождалось интенсивным наземным вулканизмом. Древнекиммерийский орогенез затронул отдельные районы Альпийско-Гималайского пояса (Пиренеи, Альпы, Карпаты, Крым, Кавказ, Тибет, Индокитай). Орогенические движения происходили в конце средней юры, но особой силы они достигли в позднеюрскую эпоху, когда охватили северные районы Тихоокеанской геосинклинального пояса.





Положение литосферных плит и срединно-океанических хребтов в позднеюрской эпохе.

В это же время Австралия и Антарктида отделились от Африки и Индии, и возникший новый Индийский океан соединился с восточной окраиной океана Тетис. Наиболее обширным в юрском периоде был Тихий океан. Его размеры даже превышали современные. Азия отделилась от Северной Америки океаническим бассейном. На западной окраине Северной Америки происходила интенсивная складчатость — так называемый невадийский орогенез, который по времени соответствовал позднекиммерийскому. Складкообразование сопровождалось внедрением крупных интрузий и высокотемпературным метаморфизмом. Образование невадийского пояса складчатости и батолитов было обусловлено процессом столкновения континента с островной дугой.

Активная тектоническая жизнь непосредственно оказывала влияние на распределение морских бассейнов и рельеф земной поверхности. В начале поздней юры наступила одна из крупнейших

ших мезозойских трансгрессий. В это время морские воды проникали по вновь образованным грабенообразным структурам далеко в глубь платформ. Море затопило не только значительную часть Евразии, Северной Америки, Южной Америки, но и восточное и западное побережье современной Африки, западное побережье Мадагаскара, Индию и Австралию. Однако в результате активизации тектонических движений в конце юрского периода в ряде районов наступила регрессия моря. Это обусловило не только обмеление морских бассейнов, но и возникновение обширных лагун и заливов с повышенной соленостью воды.

Различная интенсивность тектонических движений привела к формированию разнообразных крупных форм рельефа земной поверхности. Максимальная глубина вновь образованных океанических бассейнов не превышала нескольких тысяч метров. В их пределах выделялись абиссальные и батимальные области, зоны материкового склона и обширные шельфовые участки, постепенно переходящие в эпиконтинентальные моря. Максимальная глубина последних составляла 400–500 м.

Наиболее сложным и контрастным рельефом обладали области, испытавшие киммерийские движения. Для них были характерны неровное дно морских бассейнов, соседство глубоководных впадин с поднятыми участками дна и островными дугами, расчлененное побережье и сильно изрезанная береговая линия. Приморские низменности сравнительно быстро переходили в возвышенности и горные массивы, которые прорезывались многочисленными реками. Менее контрастный рельеф существовал на платформах. Лишь в центральных их частях располагались выровненные возвышенности и холмисто-увалистые равнины сменяющиеся аккумулятивными озерно-аллювиальными и озерно-дельтовыми приморскими низменностями.

Юрская флора характеризовалась господством голосеменных форм. Споровые, в основном папоротниковые и хвощевые образовывали самостоятельные заросли в пределах отдельных сильно увлажненных низменностей, примыкавших к морям и крупным озерам. Растительный покров в первой половине юрского периода был представлен хвойными, цикадофитовыми, беннеттитовыми и гинкговыми. В поздней юре в связи с снижением влажности леса поредели, исчезли влаголюбивые формы и появились растения, способные переносить засуху. Вначале редколесья располагались на возвышенностях, но впоследствии из-за роста засушливости они распространились и на приморские низменности.

Флора юрского периода была хорошо дифференцирована как в экологическом, так и в географическом плане. Это определялось

воздействием зонального и провинциального климата высотой суши и соотношением площади суши и моря, наличием крупных орографических рубежей и т. д.

По экологическому характеру и систематическому составу в течение ранней и средней юры на платформах северного полушария, флора которых в настоящее время хорошо изучена существовали, по крайней мере, три геоботанические зоны. Флора, произраставшая на северо-востоке Евразии и северо-западе Северной Америки, обладала наименьшим систематическим разнообразием и характеризовалась слабым развитием теплолюбивых форм и отсутствием представителей тропической и экваториальной флоры. Здесь росли главным образом хвойно-гинкговые леса.

Теплолюбивые цикадофитовые и беннеттитовые появились только на южных окраинах зоны хвойно-гинкговых лесов. По сравнению со своими сородичами из южных областей они имели небольшую высоту и слабо разветвленный ствол. Роль травянистого покрова в хвойно-гинкговых лесах играли низкорослые папоротники, мелкие хвои и плауны. Деревья обладали годовыми кольцами нарастания, подобными тем, которые имеются современных деревьев, растущих в условиях сезонных колебаний температур. Однако, по мнению известного советского палеоботаника В. А. Вахрамеева, климат зоны хвойно-гинкговых лесов вряд ли можно было считать суровым. Несмотря на хорошо выраженную сезонность климата, зимы были мягкими: средние зимние температуры не опускались ниже 0 °С. Многие гинкговые в прохладные сезоны года теряли листву.

В юрское время проявилась вертикальная климатическая зональность, обусловленная существованием значительной разницы в температурном режиме и увлажнении между низменностями, возвышенностями и горными массивами. В горах произрастали хвойные леса, а на хорошо дренированных низменностях — хвойно-гинкговые и гинкговые леса. В областях высоким температурным режимом на низменностях росли цикадофитовые, беннеттитовые и смешанные — цикадофитово-беннеттитовые леса, а на слабо дренированных низменностях, подвергавшихся заболачиванию, и на широких заболоченных поймах располагались заросли папоротников и хвоей.

В ранней и средней юре в зоне хвойно-гинкговых лесов существовала необычайно высокая увлажненность, что и предопределило развитие обильно увлажненных ландшафтов. Здесь располагались озерно-болотные и сильно заболоченные низменности. В широких речных долинах находились пойменные заболачивающиеся озера и старицы. В них, а также в дельтах полноводных рек накопление растительных остатков способствовало форми-

рованию угленосных осадков.

Наибольшее разнообразие имела тропическая флора, в которой преобладали цикадофитовые и беннеттитовые. Исходя из разного систематического состава в различных ландшафтах тропического пояса выделяются несколько палеофлористических областей и зон. Одной из многих являлась Индо-Европейская область, расположенная в пределах Евразийского материка. Примерно такая же флора произрастала на Тихоокеанском побережье Северной Америки, в Австралии и в Южной Америке. Значительные изменения в составе растительного покрова и географическом распространении различных форм произошли в позднеюрскую эпоху. Только флора южных и северных приполярных районов по существу сохранила свой прежний облик. Благодаря высокой влажности и сохранившемуся температурному режиму здесь продолжали рост хвойно-гинкговые леса с папоротниковым подлеском. Постепенно смещавшаяся в северном полушарии засушливость климата вносила определенные коррективы не только в распределение ландшафтных обстановок, но и в состав и распределение растительного покрова. В районах, которые подверглись сильной аридизации, многие влаголюбивые формы исчезли, леса поредели, и в них сохранились лишь засухоустойчивые формы. Практически полностью исчезли гинкговые и папоротниковые. В целом растительный покров в областях умеренного увлажнения стал напоминать в экологическом отношении современные леса восточной части Средиземноморья. Растительность ксерофильного редколесья обладала чертами, свойственными засушливому климату. Беннеттитовые и цикадофитовые имели кожистые листья, а хвойные — чешуйчатую хвою.

В низких широтах из-за высокой степени аридизации растительный покров был сильно разрежен, а местами полностью отсутствовал. Деревья произрастали только в долинах рек и вблизи источников воды. Здесь основная роль принадлежала опустыненным саваннам, саванно-степям и полупустыням. В областях с сильным дефицитом влаги располагались пустыни.

В низких широтах, в областях обильного увлажнения, тип растительного покрова в поздней юре по сравнению с ранне- и среднеюрскими эпохами почти изменился. Здесь произрастали влаголюбивые тропические и экваториальные сообщества беннеттитовых, цикадофитов и древовидных папоротников.

Фауна позвоночных юрского периода характеризовалась значительным развитием гигантских рептилий, среди которых различаются наземные, водные и летающие формы, травоядные и хищные.

Родоначальником динозавров являлись сравнительно широко распространенные еще в конце триаса мелкие ящеры — текодонты. В триасе эти ящеры стали передвигаться на двух задних ногах. Поскольку главным органом чувств у рептилий были глаза, преимуществом по сравнению с другими обладали особи с высоко поднятой головой. Они лучше ориентировались среди высокой травянистой растительности.

Многие из динозавров имели гигантские размеры. Длина некоторых из них была 20–25 м, а масса достигала 30–35 т. Среди динозавров были распространены как четырехногие формы, так и двуногие. Многие гиганты вели полуназемный образ жизни. Значительную часть времени они, подобно современным бегемотам, проводили в воде. Для поддержания большого веса тела кости скелета должны были обладать значительной прочностью. Однако быстро перемещаться по суше такие гиганты не могли. Они обладали полыми костями скелета, тонкими зубами, пригодными для поедания только мягких побегов и водорослей, и облегченными шейными позвонками. Динозавры, ведущие полуназемный образ жизни, имели далеко отодвинутые глаза и длинные носовые (воздухоносные) ходы. Благодаря этому, например, утконосые динозавры зауролофы могли полностью погружаться в воду, спасаясь от врагов или в поисках пищи.

Некоторые полуназемные динозавры имели укороченные передние конечности, снабженные перепонками, длинный уплощенный хвост. Они были хорошими пловцами. В то время как полуназемные динозавры передвигались преимущественно на четырех ногах (диплодоки, бронтозавры) и реже на двух (зауролофы), типично наземные формы, за малым исключением, были двуногими. Они обитали главным образом в сильно увлажненных местах, покрытых богатой растительностью, но с твердой почвой, так как в сильно заболоченных или густозалесенных местах Нои не смогли бы передвигаться. Среди наземных динозавров различались растительноядные и хищные. Ярким представителем растительноядных динозавров были *игуанодонты*. Некоторые из них достигали в длину 10 м. Эти животные имели трехпалые задние конечности с перепонками, которые позволяли перемещаться по топким побережьям рек, озер и морей. Они обладали своеобразным клювом, который использовался при объедании побегов с кустарников и деревьев и как средство защиты. Животное имело сильную челюсть и могло наносить клювом опасные укусы и рваные раны. Страшными хищниками, жившими в юрском периоде, были крупные двуногие динозавры — *кариозавры*.

Наземные динозавры размножались с помощью яиц, которые откладывали в теплый песок, точно так же как это в настоящее время делают крокодилы и черепахи. Растительные динозавры вели стадный образ жизни. Об этом свидетельствует множество отпечатков следов, обнаруженных в ископаемом состоянии на берегах древних морей и крупных озер.

Обилие сильно заболоченных территорий, густая лесная растительность, наличие многоводных и широких рек, крупных озерных бассейнов в ранней и средней юре способствовали значительному сокращению численности наземной динозавровой фауны и смещению ареала их обитания в пределы ксерофильного редколесья. Господствующее положение в сильно обводненных ландшафтах заняли полуназемные и водные рептилии. Среди последних главенствовали ихтиозавры и плезиозавры. Ихтиозавры своей внешностью напоминали современных дельфинов, но в отличие от них имели более удлиненную морду с зубастой пастью. Длина их тела достигала 6 м. Вместо передних и задних ног у них были плавники в форме ласт. Ихтиозавры, так же как и млекопитающие, были живородящими животными.

Современниками ихтиозавров были плезиозавры, плиозавры и др. Плезиозавры и плиозавры обладали мощными лапами. Они довольно свободно чувствовали себя в воде. Небольшая голова с зубастой пастью, в которой находилось множество острых конических зубов, располагалась на очень длинной шее. Наиболее крупные особи достигали в длину 10 м.

Постепенно ряд рептилий приспособился к обитанию в воздушной среде. Предками юрских летающих ящеров — птерозавров были текодонты, а точнее, те из них, которые вели древесный образ жизни и обладали способностью планировать с ветки на ветку, подобно некоторым современным формам. Планирование на небольшие расстояния у одних особей осуществлялось благодаря длинным чешуям, которые расширялись на концах, образуя тонкостенные мешочки, у других — с помощью эластичной кожистой пленки, натянутой между конечностями и туловищами.

Летающие ящеры (*рамфоринхи*, *птеродактили* и *птеронодоны*) быстро освоили воздушный океан. Они были представлены многочисленными видами разных размеров от карликов до гигантов. Рамфоринхи имели длинный хвост, пятипалые задние конечности и длинные узкие перепончатые крылья размахом около 1 м. Гигантами среди летающих ящеров следует признать птеродактилей, многие из которых достигали в размахе крыльев около 8 м. Однако это, как стало известно, не предел, поскольку найдены скелеты, по которым можно судить, что отдельные особи имели размах крыльев около 15 м.

Челюсти летающих ящеров были густо усажены острыми и длинными зубами, тело одних покрывала густая шерсть, а тело других — чешуя, крылья были перепончатыми.

В юрский период появились первые птицы — археоптериксы и археорнисы, которые были величиной с голубя. Необходимо отметить, что эти птицы имели много общих черт с пресмыкающимися, особенно в строении черепа и скелета. Вместе с тем они обладали более совершенной кровеносной и нервной системой, у них были лучше развиты органы чувств по сравнению с рептилиями. Большой объем мозга, забота о потомстве и хорошая приспособляемость к различным условиям жизни способствовали широкому расселению птиц и обитанию в самых разнообразных ландшафтно-климатических условиях.

В пресных озерах, а также в старицах и полноводных реках обитала моллюсковая фауна. Озера, расположенные на низменностях, и широкие поймы рек зарастали водной и прибрежной растительностью и превращались в болота. Здесь происходило накопление мощных толщ угля. Воды озер и стариц, содержащие большое количество продуктов гниения растений, были бедны кислородом, известью и многими питательными веществами. Это привело к тому, что придонная фауна водоемов состояла из однообразных остракод и моллюсков.

В поздней юре в результате иссушения климата и исчезновения густой и влаголюбивой растительности многие водные бассейны из заболоченных превратились в открытые и лишенные растительности, что в свою очередь привело к увеличению в воде кислорода и извести. Господствующее положение заняли формы, экологически связанные с теплыми и прозрачными водами. Это различного типа крупные формы двустворчатых и брюхоногих моллюсков.

Богатством видов отличалась в юрском периоде морская фауна беспозвоночных. Причем в ее распространении намечается ряд различий, позволяющих наметить существование зоогеографических провинций и областей. Так, например, в пределах северного полушария выделяются по крайней мере три экологических типа фауны: бореальный (северный), смешанный и тропический. Наиболее богатой и разнообразной была фауна беспозвоночных тропических морей. В сторону полюса она сильно обеднялась.

В ранней и средней юре в тропических и бореальных морях обитали аммониты и белемниты, а также двустворчатые моллюски. Ряд типичных бореальных форм мигрировал в низкие широты, а в поздней юре наблюдалась обратная картина. В высокие широты перемещались тропические представители головоногих и двустворчатых моллюсков и брахиопод, кораллы, морские ежи

и строматопоры.

Расцвет коралловой фауны произошел в середине позднеюрской эпохи. В это время существовало максимальное количество семейств и родов кораллов, а во многих морских бассейнах в зоне мелководья возникли многочисленные рифовые постройки. Крупнейшие рифовые тела существовали на перифериях тропического океана Тетис, в эпиконтинентальных тропических морях Северной и Южной Америки и Африки.

В течение юрского периода наблюдались значительные изменения климата. Раннеюрская эпоха характеризовалась ярко выраженной гумидизацией климата, большим разнообразием сильно обводненных ландшафтов, присутствием в осадочных образованиях растительного углерода, причем не только в рассеянном состоянии, но и в виде мощных толщ каменных и бурых углей. По температурному режиму в юрском периоде можно выделить экваториальный, два тропических и два субтропических пояса. В экваториальном и тропических поясах среднегодовые температуры обычно превышали 22–24 °С.

В ранней и средней юре существовала не только термическая зональность, но и зональность, обусловленная различием во влажности и количестве выпадавших атмосферных осадков. Выделяются северный и южный аридные пояса и расположенный между ними экваториальный влажный пояс. К северному аридному поясу относились центральные районы США и Северная Африка, а к южному — Карибский бассейн, территория Сомали и Танзании. Значительно большими площадями обладали районы с переменным увлажнением — Африка, Аравия, юг Индокитая, юг Бразилии. Характерными ландшафтами перечисленных районов являлись ксерофильное редколесье, располагавшееся на берегах морей, озер и крупных речных артерий, а в аридных поясах — полупустыни и пустыни. Соленость воды морских бассейнов этих территорий не превышала 35 ‰.

Районы, расположенные в средних широтах, а в северном полушарии такими были Западная и Восточная Сибирь, Северо-Восток СССР, Монголия и Северный Китай, характеризовались развитием влажного субтропического климата. Однако его главное отличие от современного субтропического климата заключалось в отсутствии четко выраженного зимнего сезона с отрицательными температурами. Условно северная граница субтропического климата в Евразии намечается по линии Белое море — Южный Урал — Балхаш — Шаньдунский полуостров. Растительным эквивалентом этого климатического пояса являлась зона хвойно-гинкговых лесов.

В этом климатическом поясе в основном располагались озера болота широкие поймы и обширные дельты рек, а также моря с нормальной соленостью. На низких водоразделах, в пределах увалисто-холмистых равнин и преимущественно на возвышенностях и склонах гор произрастали хвойные леса.

Присутствие в составе хвойно-гинкговых лесов значительного количества цикадофитов, распространение каолиновых кор выветривания, наличие среди морской фауны рептилий и теплолюбивых моллюсков, примесь в морских осадках глауконита и стяжений фосфорита, а также палеотемпературные определения позволяют считать, что на севере субтропического пояса среднегодовые температуры колебались в пределах 15–20°, а на юге — 18–20 °С. Близкие условия существовали в средних и высоких широтах южного полушария. Температурные условия в среднеюрскую эпоху после кратковременного понижения на границе ранней и средней юры вновь стали высокими.

Несмотря на большую влажность, в результате продолжительного прохладного сезона выветривание не доходило до каолиновой стадии. Морская фауна стала беднее за счет исчезновения теплолюбивых форм, а на континентальных пространствах произрастали хвойно-гинкговые и хвойные леса.

Иссушение климата в поздней юре привело к постепенному исчезновению лесной растительности, высыханию озер и к сокращению объема поверхностных вод. В условиях сильного дефицита влаги ландшафты приобрели вид современных опустыненных саванн, полупустынь и пустынь.

По степени распределения влажности в поздней юре в аридном поясе северного полушария выделяются две области. В центральной части аридного пояса существовали наиболее сухие условия с продолжительными засухами, а в периферических частях — на территории современной Центральной Европы, на юге СССР, в Монголии и Северном Китае периоды засухи были менее продолжительными. Это способствовало развитию ксерофильного редколесья, озерных водоемов и рек с обширными поймами. Ландшафтно-климатические особенности этой области, так же как и области переменного влажного климата, в пределах которых располагались обширные низменности, покрытые разреженными лесами, с твердым грунтом на побережьях многочисленных неглубоких озер, весьма благоприятствовали развитию динозавровой фауны.

Субтропический пояс выделяется для территории Евразии, и по отношению к современным широтам он простирался субмеридионально. Субтропический климат господствовал в Северной Европе, на значительной части Восточно-Европейской платфор-

мы, на Урале, в Сибири, Монголии. Здесь среднегодовые температуры изменялись в пределах 12,5—13 °С. Даже в бассейне Печоры, на Таймыре и на островах Земли Франца-Иосифа среднегодовые температуры морских вод в позднеюрскую эпоху временами достигали 17,5 °С. Наиболее низкие температуры были характерны для умеренного пояса. Умеренный климат в это время господствовал в северном полушарии на Крайнем Северо-Востоке СССР и Аляске. В морях умеренного пояса обитала бореальная фауна, состоявшая главным образом из тонкостенных двустворчатых моллюсков и редких белемнитов.

Меловой период — становление океанов и возникновение цветковых

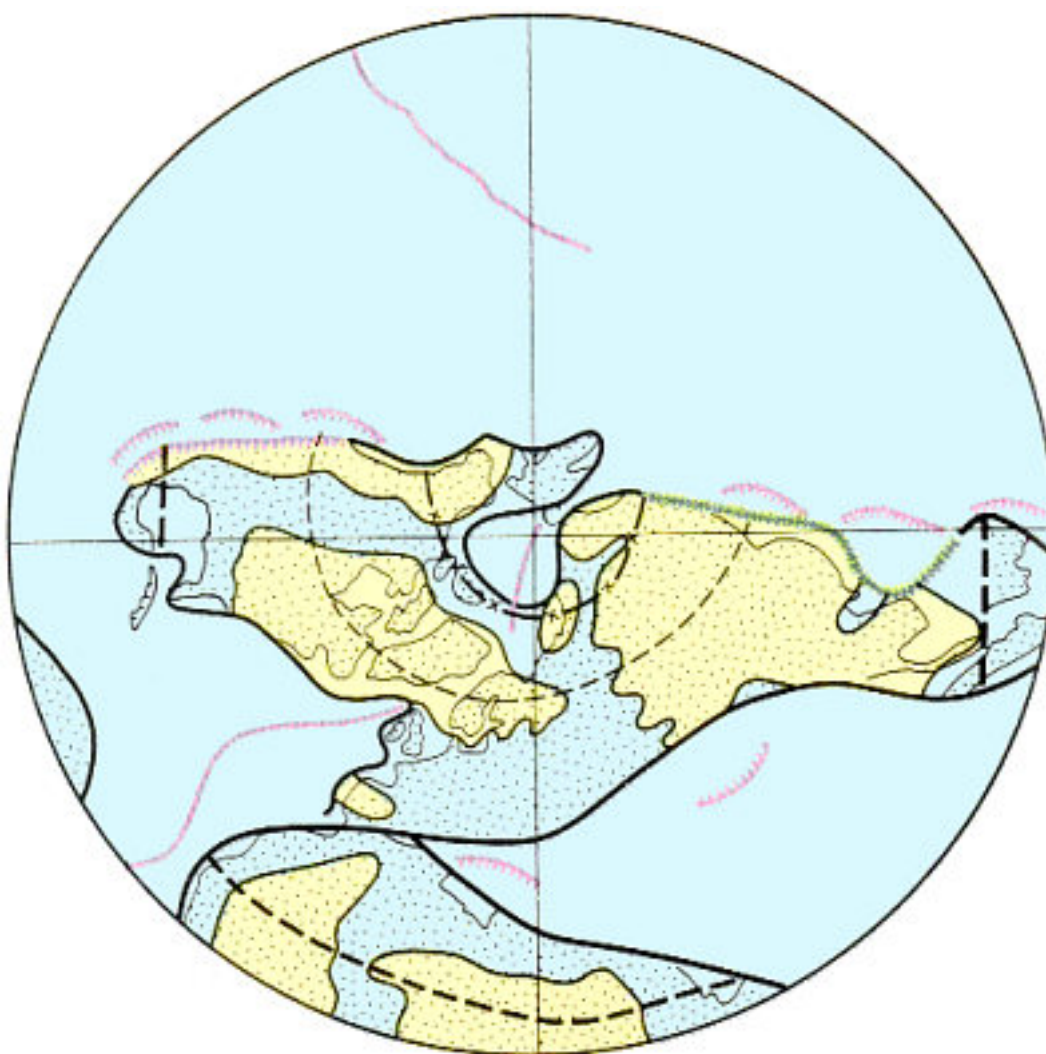
Мезозойская эра заканчивается меловым периодом, продолжавшимся около 70 млн. лет. Он знаменовал собой качественно новый этап в развитии ландшафтно-климатических областей и органического мира Земли. В течение этого периода тектоническая жизнь планеты оставалась активной.

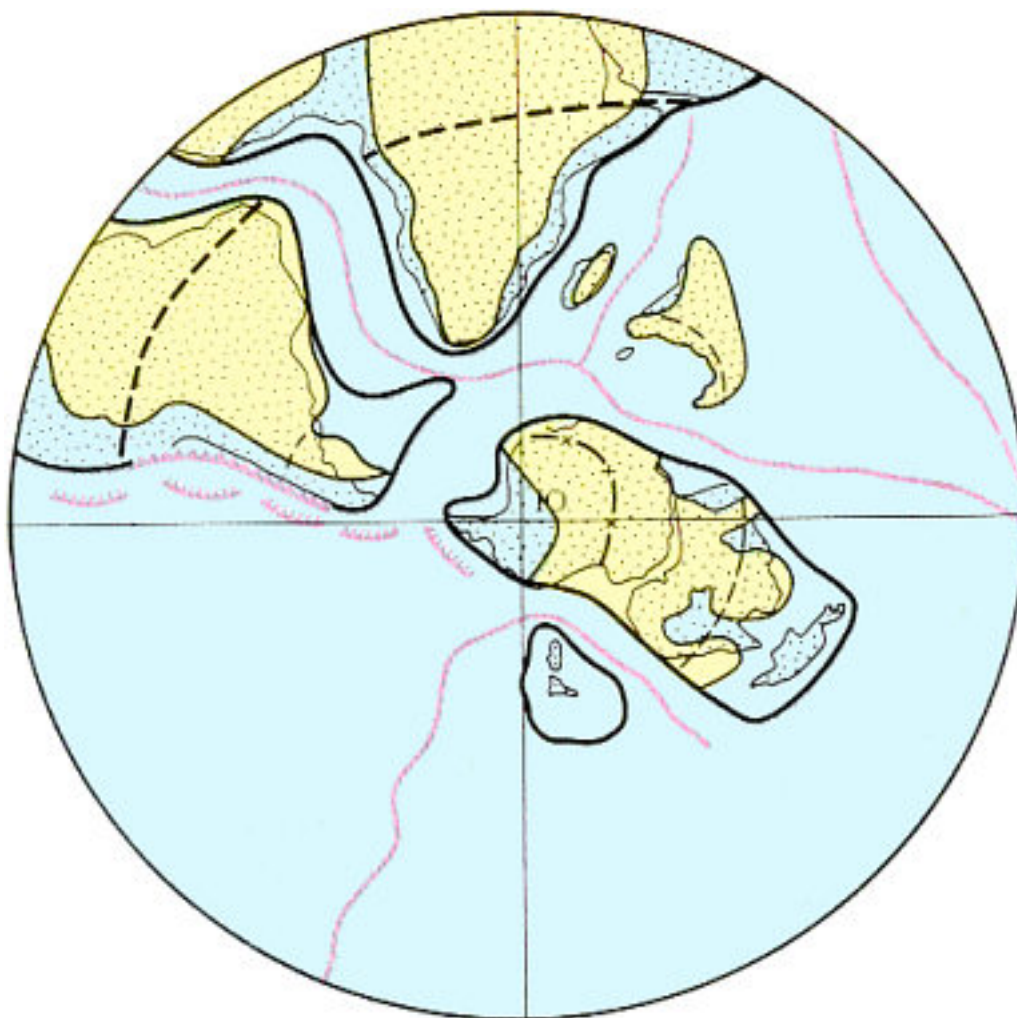
В течение мелового периода продолжались киммерийские горообразовательные движения. В начале мелового периода в результате этих движений были созданы горно-складчатые сооружения на востоке Евразии. Складчатые пояса располагались на огромной территории, охватывающей Верхоянье, Чукотку, Камчатку, Дальний Восток и восток Китая. Дополнительные складкообразовательные движения на границе раннего и позднего мела (так называемая австрийская фаза складчатости) усилили контрастность этих участков земной коры. В это время, как и ранее, наряду с подводными вулканическими излияниями осуществлялось внедрение гранитных интрузий. Движения, обусловленные австрийской фазой складчатости, наиболее сильно проявились в Восточной Азии и Кордильерах и менее интенсивно в современном Альпийско-Гималайском поясе (Восточные Альпы, Карпаты, Кавказ, Памир). В конце мелового периода имела место довольно активная ларамийская орогеническая фаза. Складчатые движения охватили окраины Тихого океана. На значительную высоту оказались приподняты Анды, Кордильеры, горные сооружения Антарктиды, Чукотки и Камчатки.

Продолжалось раздвижение гондванских континентов. Северная Америка отделялась от Африки и Евразии. Эти активные раздвижения сопровождались формированием новых морей и океанов. Так, например, Атлантический океан приобрел близкие к современным очертания, возникли Бискайский залив и Гренландское море. В это время был заложен рифт Красного моря и

началось раскрытие Индийского океана, а Индостан и Мадагаскар отделились от Африки. Индостанский континент совершил длительное путешествие, исчисляемое тысячами километров, пока в середине палеогена он не столкнулся с Азиатским континентом. В результате такого столкновения были образованы Гималаи.

Началу мелового периода был свойствен регрессивный этап развития, но в середине раннего мела ему на смену пришел трансгрессивный этап. Позднемеловая морская трансгрессия была одной из самых величайших трансгрессий на Земле. В это время многие континенты оказались покрытыми морем. Море занимало почти 40 % территории современной Евразии и 35 % территории Северной Америки, около 20–25 % территории Африки и Австралии и 15 % территории Южной Америки.





Положение литосферных плит и срединно-океанических хребтов в позднемеловой эпохе

В тесной зависимости от тектонических движений формировался рельеф земной поверхности. Наиболее контрастным и возвышенным он был в местах столкновения литосферных плит между собой. В результате поднятий и складчатости были образованы многие горные массивы. Области платформенной активизации также обладали возвышенным и горным рельефом.

Так же как и в настоящее время, горные сооружения и глубокоководные океанические впадины занимали на земной поверхности весьма незначительную площадь. Основная же роль принадлежала выровненным шельфовым участкам, неглубоким эпиконтинентальным морям, приморским озерно-дельтовым и внутриконтинентальным озерно-аллювиальным низменностям и равнинам, возвышенным равнинам с увалисто-холмистыми водоразделами и выровненным плато. На них, а также на плоских водоразделах в благоприятных климатических условиях формировались коры выветривания. Некоторые более древние горные сооружения (герциниды, каледониды) в эпохи активизации ис-

пытали поднятия, однако амплитуда высот была не очень значительной и вряд ли превышала 1000 м.

В течение мелового периода развитие организмов и их расселение определялись природными условиями. Значительные изменения в распределении ландшафтно-климатических зон в первую очередь отразились на наземной флоре. В середине мелового периода осуществлялось широкое расселение многих представителей высшей флоры — покрытосеменных растений. Еще в начале мелового периода их роль в растительном покрове была невелика, но уже в середине позднемеловой эпохи они заняли главенствующее положение.

По сравнению с поздней юрой в раннем мелу произошло изменение морфоанатомического строения гинкговых. В то время как юрские гинкговые обладали сильно расчлененной листовой пластинкой, раннемеловые формы имели уже цельную пластину. Это свидетельствует не столько о более высокой степени развития, сколько об их приспособлении к сезонным, а возможно, и к суточным колебаниям температур.

Многие древесные сообщества хвойных и гинкговых, особенно те, которые росли в высоких и средних широтах, обладали ясно выраженными годичными кольцами. Это свидетельствует о существовании в зоне хвойно-гинкговых лесов относительно прохладных условий.

В средних широтах располагалась зона цикадофитово-беннеттитовых лесов. Она отделялась от зоны хвойно-гинкговых лесов довольно узкой полосой развития смешанных цикадофитово-хвойно-гинкговых лесов. В Евразии к этой зоне относились крайний север Европы, Северный Урал, юг Западной Сибири и Приморье.

Наивысшего расцвета и разнообразия достигла флора в областях с тропическим влажным климатом. Склоны возвышенностей и низменности были покрыты густым пологом леса, весьма сходного с современными экваториальными лесами. Особенно большого разнообразия достигли цикадофитовые и многочисленные древовидные папоротники. В сторону областей засушливыми условиями многие влаголюбивые формы исчезали, лесной покров редел и превращался в ксерофильное редколесье.

Лесная растительность тропического типа произрастала Южной Евразии, на юге Северной Африки, юге Гренландии, также в Африке, Австралии и Южной Америке.

В начале раннемеловой эпохи в лесах, состоящих из голосеменных форм, появились первые представители покрытосеменных растений. Уже в конце раннего мела их роль резко увеличилась. Сильно уменьшился видовой состав голосеменных, несмотря на

существование довольно благоприятных условий.

Появились и сравнительно быстро распространились по всему земному шару магнолии, лавровые, платаны, эвкалипты и дубы.

Среди хвойных господствующее положение заняли сосновые и таксодиевые. Эти две группы растений по условиям произрастания сильно отличались друг от друга. Сосновые леса, хорошо приспособленные к интенсивному солнечному облучению и засушливым условиям, произрастали на открытых возвышенных участках. Таксодиевые же, являющиеся тенелюбивыми растениями, предпочитали области с сильным увлажнением. Поэтому заросли таксодиевых располагались в низменных, обильно увлажненных местах, главным образом на низких поймах. В конце раннего мела постепенно исчезли многие мезозойские формы (подозамитовые и саговые) и сильно обновился состав папоротников, особенно среди травянистых форм.

В раннемеловую эпоху наземные формы животных достигли большого разнообразия. На суше по прежнему господствовали хорошо приспособленные к обитанию в лесных и саваннах ландшафтах рептилии. Наличие благоприятных условий для жизнедеятельности, обилие пищи и отсутствие врагов способствовали развитию у них гигантизма.

По сравнению с позднеюрской эпохой в раннем мелу число зауропод уменьшилось, господствующее положение заняли птицеобразные динозавры — игуанодонты и утконосные динозавры. Господство двуногой динозавровой сухопутной фауны было связано с необходимостью обитания среди высокой растительности и периодическим пребыванием в воде. Эти крупные травоядные животные жили главным образом в болотистых лесах расположенных на берегах крупных пресноводных водоемов. Не имея иных средств защиты, они скрывались в озерах, заводях и заливах от хищных динозавров — тарбозавров и тиранозавров. Так же как и позднеюрские предшественники растительноядных динозавров, игуанодонты имели на задних конечностях перепонки, что позволяло им беспрепятственно, несмотря на огромные размеры, передвигаться по влажным и топким грунтам.

Типично сухопутными формами были растительноядные четвероногие рептилии. Для защиты от хищников они имели тяжелые панцири с шипами, роговыми воротниками, колючими (гребнями или толстую шкуру, покрытую мелкими, но плотными роговыми пластинками).

Обилие атмосферных вод и наличие неровностей рельефа способствовали возникновению пресных озер, в которых наряду с различными рыбами обитали довольно многочисленные пресноводные брюхоногие и двустворчатые моллюски. В озерах, зарас-

тающих водной и болотной растительностью (и в связи с этим обедненных кислородом), моллюсковая фауна была угнетенной и весьма малочисленной.

В раннемеловую эпоху среди морской фауны беспозвоночных осуществилась дифференциация по климатическому признаку. В приполярных морях распространялась бореальная фауна, а в низких широтах — тропическая и экваториальная. Четкой границы между этими двумя довольно различными комплексами фауны практически не существовало. В морских бассейнах, занимавших промежуточное положение, обитали смешанные фауны, в составе которых в зависимости от температурных условий преобладали то тропические, то бореальные представители. Бореальная фауна характеризовалась присутствием эндемичных родов аммонитов, белемнитов и двустворчатых моллюсков. Тропические моря были населены богатой фауной беспозвоночных. Основную роль играли кораллы, морские ежи, аммониты, белемниты, брахиоподы, теплолюбивые представители планктонных фораминифер и наннопланктон.

На морском мелководье, там где воды не испытывали сильных изменений солености ввиду отсутствия вблизи речного стока, находились крупные отмели, на которых располагались колонии устриц и рудистов, барьерные и береговые рифы. В районах развития рифовых комплексов обитали брахиоподы, морские ежи, морские лилии и не дожившие до настоящего времени строматопоры. Обширные пространства занимали подводные луга. На некотором удалении от берега находилось основное местообитание белемнитов и аммонитов.

В конце раннего мела ареал обитания бореальной фауны сильно расширился и многие из типичных бореальных форм (например, двустворчатые моллюски рода *ауцеллин* или аммониты рода *краспедитес*) достигли тропических морей.

В течение раннемелового времени в результате изменения температурного режима происходило то расширение, то сужение климатических поясов. Существовавший в начале раннемеловой эпохи значительный дефицит влаги постепенно сменился обильным увлажнением в ее конце. Сильно увеличились площади с гумидным типом климата. Одновременно с этим произошло незначительное общее похолодание.

Температуры приповерхностных морских вод в экваториальном и тропическом поясах на протяжении большей части позднего мела были довольно высокими. Например, в морях Западной Европы в начале раннего мела они составляли 20–25 °С. Примерно такие же температуры существовали в конце раннего мела в морях, расположенных на востоке Южной Африки в Северной

Австралии и Северной Америке.

В самом конце раннего мела произошло снижение температур на 2–3°, и это незамедлительно сказалось на составе фауны. Резко сократились ареалы кораллов и рудистов, появились не только организмы, которые могли существовать в различных температурных условиях, но и бореальные организмы, а также уменьшилось карбонатонакопление.

Экваториальный пояс охватывал север Южно-Американского континента, центральную часть Африки, юг Аравии, Индию и Индокитай. По обе стороны от него находились области с тропическим засушливым климатом. Северный аридный сектор охватывал юг США, Мексику, Центральную Америку, север Африки и Южную Евразию, а южный — Южную Америку, Африку и центральные области Австралии. В этих областях преобладали пустыни и полупустыни с ксерофильным редколесьем, весьма сходные с современными саваннами.

Понижение температурного режима в конце раннего мела произошло повсеместно. Так, снижение среднегодовых температур на 5–8 °С по сравнению с началом раннемеловой эпохи установлено для морей, расположенных на территории Карпат, Крыма, Северного Кавказа, юга европейской части СССР, Средней Азии и Сибири.

Прохладные условия в течение раннемеловой эпохи существовали в пределах северных окраин Северо-Американского и Евразийского материков, на юге Африки, Австралии, Южной Америки и в Антарктиде. На севере Евразии среднегодовые температуры в течение продолжительного времени колебались от 12 до 15 °С, а в конце раннего мела они составляли 8 — 12 °С. Похолодание привело к смещению климатической зональности, и в приполярных районах возник климат, сходный с современным умеренным климатом.

Как уже отмечалось выше, в конце раннего мела произошла существенная перестройка растительного покрова. Этот важнейший в истории Земли и биосферы факт до настоящего времени все еще не нашел полного объяснения. Неясны причины и места возникновения покрытосеменной растительности. По-видимому, в это время произошли достаточно сильные преобразования в природных условиях, которые способствовали широкому распространению покрытосеменной флоры. Последняя была лучше приспособлена к динамическим контрастам ландшафтно-климатических условий, которые можно объяснить изменением состава атмосферы, тектонической активностью планеты и, возможно, космическими причинами. В конце раннего мела продолжались активные перемещения континентов, сильно изменилась кон-

центрация углекислого газа и кислорода в атмосфере, осуществилось глобальное понижение температур, появились сезонные колебания температур и влажности, уменьшилась облачность, а следовательно, усилился приток как яркого солнечного света, так и жесткой радиации. Очевидно, эти факторы и привели к изменению соотношения мало приспособленной к резким колебаниям температур голосеменной и споровой флоры и широкому распространению лучше приспособленной покрытосеменной.

В отличие от голосеменных покрытосеменные растения обладают большей фотосинтезирующей поверхностью, у них более совершенные водно-сосудистая и корневая системы и они могут лучше переносить сезонные колебания температур и влажности. В позднемеловое время хвойно-широколиственные леса произрастали в высоких широтах северного и южного полушарий. В конце позднего мела появились и сильно расширили свои ареалы листопадные теплоумеренные формы — орех, бук и береза. Хвойные были представлены сосновыми (сосна, ель, пихта, тсуга, кедр) и таксодиевыми. Однако еще в течение длительного времени в приполярных районах присутствовали реликты не только раннемеловой, но и даже юрской флоры. Здесь располагались заросли из низкорослых форм цикадофитов, араукариевых и гинкговых. В средних широтах произрастали широколиственные леса — платаны, лавры, дубы, каштаны и клены. В субтропиках росли как широколиственные листопадные, так и вечнозеленые магнолии, лавры, пальмы, а также секвойи, эвкалипты, сосны; в подлеске располагались папоротники, гинкговые и цикадофитовые.

Во влажных тропиках и в приэкваториальной части произрастали дождевые экваториальные леса, вечнозеленая растительность которых была представлена главным образом пальмами, древовидными папоротниками, вечнозелеными дубами, магнолиями и т. д.

В засушливых ландшафтах ксерофильного редколесья и сухих опустыненных саванн господствовали узко- и мелколистными формами растительности. Рожи и небольшие леса встречались лишь в виде оазисов и вдоль речных долин и образовывали галерейные леса.

Среди наземной фауны позвоночных в течение позднего мела появились новые виды четвероногих растительноядных рептилий — *анкилозавры*, *цератопсы*, которые обладали пассивными средствами защиты от хищников (шипы, панцирь, роговой покров). Они уже не жили, как их предки, в прибрежно-морских или приозерных зарослях, а переместились в пределы саванного редколесья. В этих ландшафтах водились рогатые *цератопсы*,

очень сходные и в экологическом и в морфологическом отношении с появившимися в кайнозойе носорогами. В саванных ландшафтах существовали утконосые гадрозавры. Они перемещались на двух ногах и были тесно связаны с водной средой. Об этом свидетельствуют во-первых, утиная морда с далеко отодвинутыми ноздрями и, во-вторых, наличие плавательных перепонки на ногах. Гадрозавры питались прибрежной болотной растительностью, обитали в широких речных руслах, дельтах рек и по образу жизни напоминали современных бегемотов.

Большого разнообразия в позднемеловое время достигли крокодилы, основным местообитанием которых являлись реки пойменные озера и старицы. Условия открытой саванны с умеренно аридным климатом и сезонным, но обильным выпадением осадков благоприятствовали развитию динозавровой фауны. Динозавры обитали в многочисленных тихих водоемах, окруженных зарослями из влаголюбивых растений. В заболоченных тропических и субтропических лесах на внутриматериковых аллювиальных и приморских озерно-дельтовых низменностях с обильным увлажнением происходило резкое сокращение видового состава динозавров. В субтропиках это объяснялось не столько высокой влажностью, сколько умеренностью климата и почти сплошным развитием озерно-болотных ландшафтов.

Слабое распространение позвоночных в лесных ландшафтах было связано с неблагоприятными условиями их обитания, непроходимостью лесных зарослей и огромных заболоченных пространств, трудностью пропитания.

В течение позднего мела широкое развитие получили пресноводные моллюски с массивными раковинами. Большого разнообразия достигла фауна морских беспозвоночных, представленная головоногими моллюсками — брахиоподами, двустворчатými и брюхоногими моллюсками, кораллами, фораминиферами, морскими ежами и лилиями. Распространение всех беспозвоночных определялось температурным режимом. Так, в приполярных районах и морях высоких широт обитал бореальный комплекс, состоящий из песчаных фораминифер и эндемичных видов аммонитов и белемнитов. В нем отсутствовали кораллы и многие моллюски с массивной раковиной. В тропических морях фауна характеризовалась большим разнообразием. Многочисленные кораллы и строматопоры участвовали в построении крупных рифовых массивов. В мелководных морях обитали аммониты, брахиоподы, крупные и мелкие фораминиферы, рудисты и крупные устрицы.

На протяжении позднемеловой эпохи на Земле существовали экваториальный, тропический, субтропический и умеренный по-

яса. Первые два в отличие от аналогов предшествующей эпохи захватывали более обширные территории. В тропическом поясе обитали теплолюбивые организмы, произрастали вечнозеленые дождевые леса и располагались саванны. Температурный режим повсеместно был довольно высоким. Максимально высокие температуры существовали в середине позднемеловой эпохи. В морях Западной Европы они колебались в пределах 19–25 °С, но в конце позднего мела, особенно на границе с кайнозойем, за исключением Южной Европы, среднегодовая температура понизилась до 15 °С.

Высокие среднегодовые температуры были характерны для Карпат, Крыма, Закавказья и юга Средней Азии, в течение позднемеловой эпохи они изменялись в пределах 18–27 °С. Высокие температуры в течение позднемеловой эпохи существовали в морях, располагавшихся на территории США (20–26 °С), на юге Канады (20–28 °С) и севере Австралии (20–24 °С).

В северном полушарии находились два аридных сектора с тропическим климатом. Один из них охватывал север Африки, Аравию, Восточное Средиземноморье, а другой простирался от Средней Азии через центральные районы Китая до современного побережья Тихого океана. В южном полушарии аридные секторы занимали запад Южной Америки, центральные районы Африки и Индокитай. Для этих областей были характерны пустынные и полупустынные ландшафты и слабое развитие гидрографической сети. В сторону районов с высоким увлажнением пустынные ландшафты сменялись ксерофильным редколесьем.

За пределами тропического пояса располагались районы с относительно низким температурным режимом. На севере европейской части территории СССР, на юге Западной и Восточной Сибири и на Дальнем Востоке среднегодовые температуры изменялись и составляли 14–18 °С.

В местах максимального увлажнения, где находились обширные приморские озерно-дельтовые и внутриконтинентальные озерно-аллювиальные низменности и равнины, росли смешанные широколиственные леса с примесью хвойных и папоротников.

Умеренный пояс в северном полушарии охватывал северо-восток Евразии и северо-запад Северной Америки, а в южном полушарии выделялся на юго-востоке Австралии и в Антарктиде. Со временем климат приобрел черты континентальности, и главным показателем этого являются резкие суточные и сезонные перепады температур. Среднегодовые температуры в умеренном поясе обычно составляли 10–14 °С, но в отдельные промежутки времени они повышались и это приводило к изменению положе-

ния климатических границ.

Гибель гигантов

В конце мелового периода некогда богатая динозавровая фауна пришла в упадок, и ни один из ее представителей не перешел рубеж между мезозойской и кайнозойской эрами. На протяжении сравнительно короткого промежутка времени вымерли не только крупные сухопутные и морские рептилии, но и целый ряд морских беспозвоночных, в частности аммониты, белемниты и некоторые семейства планктонных фораминифер.

Многие поколения ученых пытались выяснить причину вымирания динозавров и других представителей мезозойской фауны. Высказывались самые различные предположения — от фантастических до вполне реальных, но и до настоящего времени действительные причины этой катастрофы пока еще не установлены. Ясно лишь то, что причиной гибели не могли послужить какие-либо значительные изменения рельефа земной поверхности, так как он даже в конце мела — начале палеогена оставался равнинным.

В меловом периоде динозавры прочно занимали основные жизненные пространства земной поверхности. И вдруг, а это в геологическом смысле произошло почти мгновенно, как по мановению волшебной палочки, они вымерли. Что же случилось? Конечно, динозавры были примитивнее появившихся им на смену млекопитающих. Они обладали менее энергичным обменом веществ и, следовательно, меньшей активностью, а она во многом зависела от солнечного тепла. Однако эволюционные преобразования и замена более прогрессивными группами в ходе геологической истории должны были происходить постепенно, а не внезапно, как это имело место в конце мезозоя.

Внезапное вымирание динозавров могло быть следствием одновременного наложения многих несомненно взаимосвязанных причин. Наиболее важными могли быть изменения пищевых ресурсов или даже состава пищи, концентрации кислорода и углекислого газа в атмосфере, усиление потока космической радиации и т. д.

Рассмотрим подробнее возможность действия перечисленных причин на жизнедеятельность динозавров. В отличие от сменивших их животных динозавры не имели надежной внешней теплоизоляции, как, например, птицы (перья) или млекопитающие (волосистой покров, толстый слой жира). По-видимому, они не имели и постоянной температуры крови, вследствие чего им были опасны как перегрев в жаркое время, так и переохлаждение при значительных понижениях температуры воздуха. Поэтому

наиболее распространенным объяснением вымирания динозавров принято считать изменение климатических условий на земной поверхности.

Нормальная жизнедеятельность динозавров протекала в тропическом и экваториальном поясах при равномерной высокой влажности с узкими интервалами в колебаниях суточных, сезонных и годовых температур. Понижение среднегодовых температур до 10–15 °С привело к утрате активности и даже способности к передвижению и могло быть причиной гибели динозавров, так как их экологическими преемниками были теплокровные млекопитающие, способные переносить значительные колебания температуры среды обитания. Этот температурный фактор гибели динозавров подтверждается установлением на границе мелового и палеогенового периодов сильного похолодания.

Наибольшие снижения температур примерно до 10–12 °С имели место в высоких и средних широтах, в результате чего существовавшие там ландшафты сильно видоизменились. Однако динозавровая фауна вряд ли могла перенести столь значительное похолодание. Тем более что в отличие от млекопитающих динозавры были тесно связаны с местами обитания и не приспособлены к активным миграциям. В тропических областях и приэкваториальной части температуры понизились, но не настолько, чтобы они могли так сильно отразиться на жизнедеятельности крупных организмов. Хорошо известно, что даже во время ледниковых эпох, когда материковое оледенение охватывало значительные территории (например, во время максимального оледенения в четвертичном периоде ледяной панцирь в отдельных районах спускался до 52° с.ш.), в экваториальной части продолжал существовать высокотермический режим, хотя ширина экваториального тропического поясов последовательно суживалась. Следовательно, в конце мелового периода экваториальный и тропический пояса продолжали существовать, и в этих районах должны были сохраниться динозавры. В таком случае могло произойти глобальное вымирание динозавров, а лишь сокращение их ареалов.

Однако динозавры вымерли почти одновременно как в средних, так и в низких широтах. Возможно, определенную роль в гибели рептилий низких широт сыграла наступившая в связи с понижением температур значительная аридизация климата, которая вызвала сильные изменения ландшафтных условий. В конце мелового периода произошла крупная регрессия и обширные участки земной поверхности освободились от водного покрова. Все это привело к резкому увеличению испаряемости, так же губительному для динозавров, как и понижение температур.

Одной из причин вымирания динозавров могло быть измерение интенсивности солнечной радиации и жесткости космических лучей, которое могло произойти на границе мела и палеогена. Некоторые ученые считают, что резкое увеличение интенсивности жесткости космического излучения было вызвано вспышкой сверхновой звезды. Оно оказало губительное влияние на формы жизни, связанные с обитанием на открытых пространствах и в верхней толще воды. В этом случае под воздействием космических лучей должны были погибнуть все живые существа. Однако на суше вымерли только крупные рептилии, а мелкие представители — змеи, ящерицы, черепахи, крокодилы — сохранились. Продолжали существование многие обитатели водной среды, в том числе и жившие в зоне морского мелководья — устрицы, брахиоподы, морские ежи и т. д.

Большой интерес среди геологов вызвала оригинальная гипотеза, согласно которой гибель динозавров произошла вследствие мутаций в организме, вызванных сильной радиацией: резко возросшая интенсивность космических лучей нарушила воспроизводство потомства. Возникает вопрос: если это в действительности было так, то почему бомбардировка жестким излучением оказалась смертельной только для динозавров? Весьма важное опровержение этой гипотезы было получено в процессе специальных исследований костей ископаемых гигантов. Как оказалось ни кости динозавров, ни их яйца не содержат доказательств повышенной радиоактивности.

Одни ученые усматривали причину гибели динозавров в вирусной эпидемии, а другие считали, что перед гибелью динозавры вдруг стали откладывать яйца с очень толстой скорлупой. В результате этого не все детеныши смогли пробивать скорлупу и рождаемость динозавров резко упала. Однако как в одном, так и в другом случае остается неясным вопрос: почему одновременно вымерли не только наземные, но и водные динозавры?

Как отмечалось выше, динозавры откладывали яйца в теплый песок и под действием определенных температур в них развивались зародыши. Снижение среднегодовых температур и возникновение сезонных и суточных контрастов привело к тому, что яйца не получали необходимого тепла и зародыши в них в конце концов погибали. Поэтому рождаемость динозавров резко снизилась, и в дальнейшем они вымерли.

Недавно была высказана гипотеза, суть которой заключается в том, что динозавры погибли в результате массового отравления алкалоидами покрытосеменных растений. Однако этому предположению противоречит тот факт, что массовое появление покрытосеменных приходится на конец раннемеловой эпохи, а гибель

динозавров произошла только в конце поздне меловой эпохи, т. е. примерно через 30–40 млн. лет. Если алкалоиды покрытосеменных были действительно смертельными для динозавров, то они должны были исчезнуть уже в начале позднего мела, однако они продолжали еще долго жить и развиваться. Так что и эта гипотеза не в состоянии объяснить причину массового вымирания динозавров.

Существует еще одна гипотеза, с помощью которой пытаются объяснить гибель динозавров в результате изменения содержания химических соединений и микроэлементов в окружающей среде. Появление новых микроэлементов и соединений могло сильно повлиять на судьбу динозавров. Многие элементы и соединения освобождались при разложении горных пород под воздействием на них природных вод, обогащенных органическими кислотами и углекислым газом. Легкорастворимые вещества при выветривании выносились, а соединения железа (преимущественно гидроокислы железа), алюминия и титана оставались на месте. Известно, что карбонат кальция и фосфаты являются необходимой составной частью скелетных образований животных. Наибольший недостаток этих соединений ощущается, в тропическом и экваториальном поясах, т. е. в главном местообитании динозавров. Животный мир современных тропических влажных лесов характеризуется небольшими размерами, что является своеобразной реакцией органического мира на дефицит карбоната кальция и фосфатов. Продолжающееся в течение всей поздне меловой эпохи интенсивное выветривание привело к тому, что почвенные воды и растительность оказались обеднены этими соединениями. Динозавры стали испытывать сильный известковый и фосфатный голод, кости их, не получая в достаточном количестве эти соединения, не могли выдерживать больших нагрузок, что и привело к массовой гибели гигантов.

В процессе интенсивного выветривания нарушился круговорот микроэлементов, играющих большую роль в жизнедеятельности животных. Уменьшение количества натрия в крови вызывало истощение нервной системы, дефицит железа способствовал развитию малокровия, уменьшение йода влекло за собой увеличение щитовидной железы, а нехватка фтора способствовала развитию болезней зубов. Поэтому большой дефицит микроэлементов мог вызвать массовую гибель таких животных, как гигантские ящеры. Сильное влияние на развитие животных оказывает присутствие в почвенных растворах, корах выветривания и морских бассейнах стронция. Повышение его концентрации приводит к тому, что он замещает кальций в костной ткани. В то же время стронций довольно быстро удаляется из тканей и костей живот-

ных, и кости становятся пористыми и хрупкими.

Не менее вредное воздействие на организм животных оказывают и другие элементы. Переход селена из почв и растений в организмы животных приводит к нарушению работы сердца, поражению суставов, выпадению волосяного покрова и т. д. Недостаток кобальта в организме животных вызывает авитаминоз, а меди — малокровие.

Вероятно, в конце мезозоя в силу взаимного наложения многих причин произошла гибель гигантов. Вполне возможно, что главной причиной вымирания динозавров было изменение климата, сопровождаемое последовательными изменениями других природных условий.

В процессе глубоководного бурения в океанах на границе между меловыми и палеогеновыми отложениями был обнаружен тонкий слой глины, обогащенный иридием. В связи с этим ученые высказали предположение, что динозавры могли в результате отравления иридием и другими тяжелыми металлами. Повышение содержания иридия в породах объясняется столкновением нашей планеты с крупным космическим телом. Недавно слой, содержащий повышенное количество иридия на границе мела и палеогена, обнаружен в Италии, Югославии и СССР.

Кайнозойская история Земли

В кайнозойскую эру произошли весьма знаменательные события, венцом которых было появление человека, а в дальнейшем становление человеческого общества. Изменилось распределение физико-географических условий на земной поверхности, материков и океанов и климатической зональности. Климаты, ландшафты и очертания материков все больше и больше становятся похожими на современные. В течение кайнозоя расширились Атлантический и Тихий океаны, изменился состав животного мира и растительного покрова.

Палеогеновый период — время формирования млекопитающих

В течение палеогенового периода тектоническая жизнь нашей планеты была довольно активной: продолжались орогенические движения мезозойской складчатости, охватившей главным образом районы Тихоокеанского пояса (Анды, районы Антарктиды и Аляски); происходили поднятия, регрессии и складкообразовательные движения в Альпийско-Гималайском поясе; существен-

ной перестройке был подвержен геоструктурный план, что выразилось в изменении ориентировки геосинклинальных прогибов и геотектонического режима различных областей. В это время проявились признаки осевых частей, появившихся позднее альпийских горных цепей и кряжей.

Процесс раскола Гондваны и Лавразии, начавшийся в мезозойской эре, дальнейшее развитие получил в палеогене. В начале палеогенового периода все еще продолжали существовать довольно обширные континенты. Так, единый материк составляли Индостан, Австралия и Антарктида. Южная Америка еще полностью не отошла от Африки, а между Северной Америкой и Европой находилась довольно узкая полоса океана — прообраз будущей Северной Атлантики. В течение палеогенового периода осуществлялся постепенный раскол и происходило отдаление континентов с формированием новых и расширением или, наоборот, сужением более древних океанических впадин. Индостан, Австралия и Антарктида разделились. Индостанская глыба за 40 млн. лет переместилась в северном направлении на расстояние свыше 8 тыс. км и в конце концов пришла в соприкосновение с Азией. Австралия перемещалась в северо-восточном направлении, но при этом вращалась вокруг своей оси против часовой стрелки. Практически неподвижными оставались Антарктида и Африка. Северная Америка удалялась от Евразии, а Южная Америка от Африки со скоростью 2–6 см в год и к началу неогена ширина Северной и Южной Атлантики составила 1000–2500 км.

В течение палеогенового периода на Земле развивалась крупная трансгрессия, в результате которой море затопило многие участки суши в пределах древних платформ и плит. Эпиконтинентальные неглубокие моря существовали на юге Восточно-Европейской и севере Африканской платформ, на Западно-Сибирской и Туранской плитах, на юге Северной и Южной Америки. В течение палеогена Сибирская, Австралийская и Антарктическая платформы оставались сушей.

Максимум трансгрессии пришелся на середину эпохи и после этого начался регрессивный этап. В конце палеогена под влиянием поднятий, охвативших многие континенты, море покинуло платформенные участки и материки стали приобретать очертания, близкие к современным.

Морское осадконакопление было характерно для геосинклиналей. Не только в их пределах, но и в эпиконтинентальных морях и даже в Тихом, Индийском и Атлантическом океанах накапливались разнообразные осадки — от хемогенных до грубых терригенных в областях, примыкавших к крупным поднятиям. На суше наряду с денудацией шло формирование аллювиальных, озер-

ных, эоловых и различных склоновых осадков. Они накапливались на обширных аккумулятивных низменностях и в пределах межгорных и предгорных впадин, располагавшихся по периферии платформ.

Широкое развитие кор выветривания, незначительное присутствие грубого обломочного материала в морских и континентальных осадках, слабое развитие крупного галечного материала в руслах рек и пляжевых зонах свидетельствуют о том, что рельеф суши в палеогене был довольно выровненным.

Горно-складчатые сооружения, возникшие в результате киммерийских и ларамийских тектонических движений, в течение палеогена подвергались активной денудации. Поэтому только в начале палеогена многие горные области обладали контрастным рельефом, но уже в эоцене они превратились в платообразные возвышенности.

На аккумулятивных низменностях располагались озера, текли реки. Приморские низменности постепенно сменялись обширными морскими аккумулятивными равнинами эпиконтинентальных морей, а далее шельфами океанов. В центральной части эпиконтинентальных морей с глубинами до 1000 м находились подводные впадины и возвышенности. Максимальные глубины порядка нескольких тысяч метров имели океанические бассейны. Абиссальные и батимальные зоны осложнялись линейно вытянутыми срединно-океаническими хребтами, в пределах которых, как и ранее, происходили сильные подводные излияния лавы и раздвижение земной коры. Подводный рельеф океанов осложнялся развитием островов и архипелагов островов вулканического и невулканического происхождения. К последним можно отнести гайоты — подводные горы с плоскими вершинами, скрытые под многометровыми толщами воды, а также коралловые острова и атоллы.

Отсутствие высоких горных сооружений в рельефе континентов в палеогеновом периоде сыграло немаловажную роль в распределении воздушных масс и морских течений и, как следствие, в формировании климатов, ландшафтных обстановок и в миграциях органического мира.

В ископаемом состоянии сохранились многочисленные свидетельства климата палеогена. Литологические, фаунистические, флористические показатели климата позволяют установить тип климата той или иной территории и обосновать его зональность. Так значительной части палеогена были свойственны показатели теплых климатов и только в конце его известны показатели более умеренных условий.

Многие исследователи обращали внимание на якобы аномальное развитие таких показателей теплого климата, как коры выветривания, бокситов, глауконита, разнообразных теплолюбивых комплексов морской фауны и наземной растительности. Некоторые из показателей теплого и даже тропического климата, характерные для середины палеогена, обнаружены в современных высоких широтах. Так, коры выветривания и бокситы соответствующего возраста распространены до 65° с. ш., т. е. известны в пределах современного умеренного пояса. Остатки лесной растительности с довольно значительной долей субтропических вечнозеленых форм обнаружены в Гренландии, на Шпицбергене, островах Канадского Арктического архипелага, Новосибирских островах, а также на Фолклендских (Мальвинских) островах и в Антарктиде. Несмотря на близкое к современному положение материков, находки в высоких широтах показателей теплого климата свидетельствуют не только об отсутствии ледовитости в полярных морях и на Антарктиде, но и о существовании глобального теплого климата, весьма резко отличавшегося от современного. В приэкваториальной части среднегодовые температуры составляли 24–28 °С. Высокий температурный режим был свойствен морям, расположенным в пределах современных средних широт в течение палеоцена и эоцена. В морях Крыма и Закавказья среднегодовые температуры колебались в пределах 21–26 °С. Высокие температуры (около 22–26 °С) установлены для районов, прилегающих к современному Северному морю.

Однако в конце палеогена наступило значительное похолодание, и это привело к резкому сокращению ширины экваториального и тропического поясов. В низких широтах температуры понизились на 5–8°, а в средних и высоких широтах градиент снижения температур был значительно выше. Так, например, если в Закавказье в начале олигоцена среднегодовые температуры составляли 20–22 °С, то в позднем олигоцене они понизились до 10–12 °С. Особенно большое снижение температур (до 5 °С) произошло в приполярных районах. Такое сильное похолодание вызвало появление в Антарктиде горных ледников. Площадь их постепенно возрастала, и они в конце концов образовали ледниковый щит, мощность которого продолжала расти.

На протяжении палеогена аридный климат в северном полушарии господствовал в Центральной и южной Европе, Северной Африке, на территории Ближнего и Среднего Востока, в Средней Азии и Казахстане, Центральной Азии, на юге США и в Мексике. В южном полушарии аридные условия существовали на территории современных Чили и Аргентины.

Наряду с областями высокого увлажнения и равномерного распределения атмосферных осадков в течение года и аридным типом климата выделяются районы с переменнo-влажным климатом, для которых характерно сезонное распределение влажности.

Особенность органического мира палеогена заключалась в абсолютном господстве на суше и море представителей высшей флоры и фауны. Среди растительности преобладали покрытосеменные древесные, которые в систематическом и экологическом отношении были близки к современным формам. В растительном покрове также принимали участие голосеменные и, главным образом, хвойные, произраставшие в высоких широтах. В областях обильного увлажнения существовала болотная растительность, а в засушливых районах — ксерофильное редколесье и саванные ассоциации.

Большие изменения произошли в составе наземной фауны. Жизненные пространства, освобожденные динозаврами, быстро были заняты новой прогрессивно развивающейся фауной млекопитающих. Млекопитающие палеогена были представлены преимущественно мелкими формами, экологически тесно связанными с лесными и озерно-болотными лесными ландшафтами. Несмотря на то что в палеогене произошла дифференциация млекопитающих на различные систематические группы (хоботные, хищные, приматы, насекомоядные, копытные, грызуны), в целом они оставались примитивными формами, и многие из них вымерли в конце неогена.

Развитие наземной фауны и ее расселение определялись климатическими и палеогеографическими обстановками. Благодаря достаточно высокой орошаемости периферических зон переменнo-влажнoго климата распространились животные, ведущие полуводный образ жизни. Большую роль в расселении животных в условиях развития обширной трансгрессии сыграли «континентальные мосты» между постепенно расходящимися материками. Изоляция материка приводила к развитию своеобразной эндемичной фауны. Так, например, изоляция Австралии от других материков, начиная с палеогена, привела к тому, что только в ее пределах долгое время продолжали существовать такие низшие млекопитающие, как сумчатые. В течение палеогена низшие представители млекопитающих — сумчатые, неполнозубые и первые приматы — обитали на изолированном от других Южно-Американском материке.

В Евразии наземная фауна палеогена была весьма разнообразна. В течение большей части палеогена здесь существовала так называемая *бронтоотериевая фауна*, а в конце палеогена ее сменила индрикотериевая фауна. Название бронтоотериевая фауна

получила от типичного для экологической группировки крупных непарнокопытных травоядных млекопитающих — бронтотериев, имевших широкое распространение. Они питались сочной болотной растительностью и могли длительное время находиться под водой. К бронтотериевой экологической группировке относились древнейшие носороги — аминодонты, крупные свинообразные эптелодонты примитивные парнокопытные антракотерии, тапирообразные и др. Все они обитали во влажных и заболоченных лесах, заиленных речных поймах заболоченных низинах и бессточных мелководных озерах.

Индрикотериевая фауна (название она получила от присутствия гигантского безрогого носорога — индрикотерия) была более разнообразной. Она состояла из обитателей саванн, заболоченных лесов и болотистых ландшафтов. В саваннах обитали крупные индрикотерии, достигавшие высоты 7–8 м, разнообразные грызуны, а из пресмыкающихся — пресноводные черепахи.

Заболоченные леса, расположенные в низинах, были населены организмами, более приспособленными к жизнедеятельности в лесных зарослях. Основу данного комплекса составляли представители бронтотериевой фауны — эптелодонты, аминодонты и антракотерии. Последние — свинообразные животные — по образу жизни были похожи на гиппопотамов и вели полуводный образ жизни. Аминодонты, или болотные носороги, обитали на заиленных и заболоченных поймах и в болотах бессточных котловин. Свинообразные эптелодонты приспособились к обитанию в приречных зарослях.

В палеогене возник и ряд новых форм, в частности гигантские носороги, хищники — креодонты, а также предки лошадей. Гигантские носороги обладали широко поставленными, подвижными пальцами ног, что обеспечивало им большую площадь опоры. В лесных районах появились предки лошадей — небольшие животные с пальцеходящими копытами.

Довольно своеобразной была морская фауна палеогена. Среди беспозвоночных господствующее положение приобрели крупные теплолюбивые (тропические) фораминиферы — нуммулиты и орбитоиды. Широким распространением пользовались шестилучевые кораллы, морские ежи, брахиоподы, брюхоногие и двустворчатые моллюски — крупные устрицы, пектинида, мидии.

Богатство отложений палеогена остатками разнообразной флоры и фауны позволяет полнее, чем предшествующие геологические периоды, охарактеризовать ландшафтно-климатические особенности суши. В пределах экваториального пояса росли влажные (дождевые и муссонные) леса, обладавшие определенными чертами сходства с современными лесами Центральной

Америки, запада Африки и Индии. Основу растительности составляли разнообразные пальмы, сандаловые и фикусовые деревья. В глубь континентов они сменялись парковыми саванными и саванными редколесьями.

В аридном поясе господствовали ландшафты саванного типа с сильно разреженным растительным покровом, состоящим главным образом из ксерофитов.

По окраинам аридных поясов влажность увеличивалась и в условиях переменного-влажного климата произрастала растительность смешанного типа. Наряду с ксерофитами на берегах водоемов располагались леса из узколистных дубов, лавров, миртовых и хвойных.

В средних широтах в тропическом влажном поясе господствовала лесная растительность, в которой наряду с тропическими, вечнозелеными, влаголюбивыми формами принимали участие относительно умеренные. Эта флора в Евразии носит название полтавской. Она распространялась на значительной части Южной и Центральной Европы, на Кавказе, на юге современной территории европейской части СССР, Южном Урале и в Казахстане. Основной чертой растительного покрова данной области являлось абсолютное господство вечнозеленых лесов, напоминающих современные леса Малайского архипелага. Леса состояли из пальм, банановых, драконовых, сандаловых и хлебных деревьев и древовидных папоротников. В северных периферических частях вместе с ними произрастали субтропические вечно зеленые дубы, каштаны, лавры, миртовые, кипарисовые, секвойи, таксодиевые, араукарии, туя и др.

В Восточной Азии аналогом полтавской флоры были вечнозеленые леса, в которых сохранились позднемиоценовые реликты в виде примеси, а иногда и самостоятельных зарослей гинкговых и цикадофитовых.

Северная Евразия и северные районы Северо-Американского материка в палеоцене и эоцене характеризовались развитием субтропического климата. В соответствии с климатическими условиями здесь формировался своеобразный тип растительности тургайской флоры. На этой обширной территории росли хвойно-широколиственные листопадные леса. В южной половине господствовали субтропические виды примесью тропических, а в северной — умеренно теплые листопадные и хвойные. Расположенный в высоких широтах обширный морской бассейн способствовал сглаживанию температурного режима и равномерному распределению атмосферных осадков. Сравнительно высокий термический режим обилие атмосферных осадков благоприятствовали росту хвойно-широколиственных листопадных лесов

на Шпицбергене, Новосибирских островах и Канадском Арктическом архипелаге. Они состояли из секвойи, таксодиума, тисовых, сосновых, пихт, кедров, дубов, каштанов, кленов, лип, платанов и ореховых. В виде отдельных примесей встречались пальмы, лавровые, магнолии и миртовые.

Возникает вполне естественный вопрос: каким же образом в условиях полярной ночи могла развиваться столь теплолюбивая растительность, даже при наличии высокого температурного режима? Высокий термический режим и обилие солнечного тепла в весенне-летние сезоны вполне были достаточны для вегетации растительности. Для «зимних» сезонов с эоцене и палеоцене не были характерны отрицательные температуры, и вегетация прекращалась при наступлении теплой полярной ночи. При этом возникал действительно фантастический ландшафт: теплая полярная ночь, северные сияния, а вокруг стоят оголенные деревья, которые мы с вами привыкли видеть на юге.

На материковой части Евразии и Северной Америки, т. е. южнее 70° с. ш., резкие контрасты между зимой и летом отсутствовали. Вряд ли зимы были морозными, а это способствовало развитию хвойно-широколиственных лесов с вечнозеленым подлеском.

Так же как и в северном, в южном полушарии теплолюбивая растительность произрастала в высоких широтах. Остатки широколиственной флоры вместе с относительно теплолюбивыми хвойными обнаружены в Антарктиде и на о-ве Кергелен. В конце палеогена под влиянием наступавшего и прогрессивно развивавшегося похолодания климатические границы сместились в сторону экватора. Состав тургайской и полтавской флор сильно обеднел в результате исчезновения вечнозеленых тропических и субтропических форм, усилилась роль бореальных хвойных, возникли и широко распространились береза, тополь, ива, ольха. В связи с усилением похолодания расширились области аридизации климата и в умеренном поясе впервые возник ландшафт саванно-степей и лесостепей.

Неогеновый период — возникновение современных ландшафтов

Несмотря на небольшую продолжительность, всего около 20–24 млн. лет, неогеновый период является одним из важнейших периодов геологической истории Земли. За этот относительно небольшой промежуток времени земная поверхность приобрела современные черты, возникли ранее неизвестные ландшафтно-климатические обстановки и появились прямые предки человека.

В течение неогенового периода необычайно высокой активностью обладали тектонические движения, которые привели к поднятию крупных участков земной коры, сопровождаемому складчатостью и внедрением интрузий. В результате этих движений возникли и приобрели современные черты горные системы Альпийско-Гималайского пояса, западных цепей Кордильер и Анд, а также островных дуг. Одновременно с ними сильно активизировались движения по древним и вновь возникшим разломам. Они вызвали разноамплитудные глыбовые перемещения и привели к возрождению горного рельефа на окраинах древних и молодых платформ. Различная скорость и разный знак перемещения блоков способствовали образованию контрастного рельефа от высоких плато и плоскогорий, расчлененных печными долинами, до высокогорных массивов со сложной системой хребтов и межгорных впадин. Процессы активизации, приведшие к возрождению горного рельефа, сопровождались интенсивным магматизмом.

Первопричиной столь активной перестройки на континентах явилось продолжавшееся перемещение и столкновение крупных литосферных плит. В неогеновом периоде завершилось формирование современного облика океанов и береговой зоны континентов. Соприкосновение жестких литосферных плит привело к образованию горных хребтов и массивов. Так, в результате столкновения Индостанской плиты с Евразией появилась мощная горная система Гималаев. Перемещение Африки в северном направлении и ее столкновение с Евразией привело к сокращению ранее обширного океана Тетис и формированию высоких гор, окружающих современное Средиземное море (Атлас, Пиренеи, Альпы, Карпаты, Крым, Кавказ, Эльбурс, горные системы Турции и Ирана). Этот огромный горно-складчатый пояс, известный под названием Альпийско-Гималайского, протягивается на расстояние нескольких тысяч километров. Формирование этого пояса еще далеко до завершения. До настоящего времени здесь происходят сильные тектонические движения. Свидетельством этого являются частые землетрясения, извержения вулканов и медленное увеличение высот горных хребтов.

Другая величайшая горная цепь Земли — Анды появилась в результате столкновения Южно-Американской литосферной плиты с океанической плитой Наска, расположенной в пределах юго-восточной части Тихого океана. Здесь, так же как и в Альпийско-Гималайском поясе, продолжают активные горообразовательные процессы.

На востоке Азии, начиная от Корякского нагорья вплоть до о-ва Новая Гвинея, располагается Восточно-Азиатский пояс. Активные тектонические движения и вулканизм, происходившие в неогене-

новом периоде, продолжают и в настоящее время. Здесь осуществляются поднятия и медленные перемещения островных дуг, извержения вулканов, сильные землетрясения и идет накопление мощных толщ обломочного материала.

Значительное перемещение литосферных плит и их столкновения в пределах консолидированных жестких участков вызывали образование глубинных разломов. Движения вдоль этих разломов значительно изменили облик Земли.

На западе Северной Америки глубинный разлом отделил от материка п-ов Калифорнию, в результате чего образовался Калифорнийский залив.

В начале неогена взаимно пересекающиеся глубинные разломы расщелили жесткие плиты Африки и Аравии на отдельные глыбы и началось их медленное раздвижение. На месте раздвигов возникли грабены, в которых расположились современные Красное море, Суэцкий и Аденский заливы. Именно они отделили Аравийский полуостров от Африки.

Изучение рельефа и состава пород морского дна Красного моря и Аденского залива привело ученых к заключению, во-первых, земная кора здесь имеет океаническое строение, т. е. под небольшим слоем осадочных образований базальтовая кора, и, во-вторых, что образование таких грабенов, в центральной части которых находятся линейно вытянутые сооружения, подобные современным срединно-океаническим хребтам, является начальным этапом формирования океанических впадин на теле Земли.

Исследования Красного моря и Аденского залива проведенные с помощью глубоководного бурения и при помощи спускаемых глубоководных обитаемых аппаратов, показали, что в настоящее время в центральной части грабенов резко увеличен тепловой поток, происходят подводные излияния базальтовых лав и вынос сильноминерализованных рассолов. Температура придонных вод превышает 60 °С, а минерализация, но не общая соленость, возрастает почти в 5–8 раз за счет повышенного содержания цинка, золота, меди, железа, серебра, урана. Насыщенная минеральными солями, вынесенными из глубинных недр Земли, вода располагается на глубинах 2–2,5 км и не поднимается к поверхности.

Большие изменения произошли в течение неогена в Восточной Африке. Здесь возникла целая система разломов, носящих название Великих Африканских разломов. Они начинаются в районе нижнего течения р. Замбези и тянутся в субмеридиональном направлении. У озера Ньяса серия разломов образует три ветви. Западная ветвь проходит через озера Танганьика и Эдуард, центральная — через озера Рудольф и Дофине, а восточная — около южной оконечности п-ова Сомали и открывается в Индийский

океан. Центральная ветвь в свою очередь делится на две. Одна подходит к побережью Аденского залива, а другая через Эфиопию проходит к Красному и Мертвому морям и упирается в горную систему Тавр.

Крупные грабены были образованы и в других регионах. Так были сформированы Байкальский грабен с амплитудой прогиба свыше 2500 м и находящиеся на продолжении оз. Байкал Тункинская впадина и ряд впадин, расположенных в северо-восточном направлении. Эти впадины заполнены мощными толщами песчано-глинистых и вулканогенных осадков мощностью в несколько тысяч метров.

Сложное развитие претерпел океан Тетис. В результате перемещения Африканского континента океан Тетис распался на два морских бассейна, которые разделялись цепочкой суши и архипелагами островов. Они протягивались от Альп через Балканы и Анатолию в пределы современных Центрального Ирана и Афганистана. В то время как южный бассейн Тетиса длительное время сохранял связь с Мировым океаном, северный все сильнее изолировался, особенно после появления молодых горных сооружений. Возникло море с изменчивой соленостью, которое называют Паратетисом. Оно простиралось на многие сотни километров от районов Западной Европы до Аральского моря.

В конце неогена в результате интенсивного роста горных сооружений Паратетис распался на ряд полуизолированных бассейнов. Продолжавшиеся тектонические движения вызывали одних участков и затопление других.

Энергичные воздымания Альп, Карпат, Кавказа, Крыма и горных сооружений Ирана и Анатолии способствовали обособлению Средиземного, Черного, Каспийского морей. Временами связь между ними восстанавливалась.

Одна из крупнейших изоляций Средиземного моря от Мирового океана, происшедшая около 5 млн. лет назад, чуть не привела к крупнейшей катастрофе. Во время так называемого мессинского кризиса в результате отсутствия притока воды и усиленного испарения произошло значительное возрастание солености и постепенное усыхание Средиземного моря. Ежегодно за счет испарения Средиземное море теряло более 3 тыс. км³ воды. При отсутствии связи с открытым океаном это вызвало сильное понижение уровня моря. На месте Средиземного моря появилась огромная ванна, уровень воды в которой был на несколько сот метров ниже уровня Мирового океана. Осушенная поверхность огромной пустыни была покрыта толстым слоем каменной соли, ангидрита и гипса.

Спустя некоторое время перемычка в виде Гибралтарского хребта, соединявшая Европу с Африкой, рухнула, воды Атлантики хлынули в чашу Средиземноморской впадины и довольно быстро заполнили ее. Благодаря большому перепаду высот между уровнем воды в Атлантике и поверхностью Средиземноморской низменности напор воды в Гибралтарском проливе — водопаде был очень сильным. Пропускная способность Гибралтарского водопада в несколько сот раз превышала способность водопада Виктория. Через несколько десятков лет чаша Средиземноморской впадины вновь наполнилась.

В течение плиоценовой эпохи неоднократно менялись размеры и очертания Черного (его иногда называют Понтическим) и Каспийского морей. Между ними то возникали связи через Предкавказье, Рионскую и Куринскую низменности, то вновь пропадали. В четвертичное время возникла связь Черного моря со Средиземным посредством проливов Босфор и Дарданеллы. Это спасло Черное море от окончательного высыхания, а связь с Каспием была в конце концов утрачена. Площадь последнего, как и Аральского моря, медленно сокращается и не исключено, что если человек не придет ему на помощь, то его ждет участь Средиземного моря в мессинский кризис.

Следовательно, в течение неогена произошла гибель некогда величайшего океана Тетис, который разделял два крупнейших материка — Евразию и Гондвану. В результате перемещения литосферных плит площадь океана сильно уменьшилась, и в настоящее время его реликтами являются Средиземное, Черное и Каспийское моря.

Под воздействием многих факторов в неогене бурную эволюцию испытывал органический мир. Животное и растительное царство приобрело современные черты. В это время впервые возникли ландшафты тайги, лесостепей, горных и равнинных степей.

В экваториальных и тропических областях были распространены влажные леса или саванны. Обширные пространства покрывались своеобразными лесами, напоминающими современные дождевые леса низменностей Калимантана. В составе тропических лесов произрастали фикусы, банановые, пальмы, бамбуки, древовидные папоротники, лавры, вечнозеленые дубы и т. д. В районах с сильным дефицитом влаги и сезонным распределением атмосферных осадков располагались саванны.

В умеренных и высоких широтах дифференциация растительного покрова была значительнее. Лесная растительность в начале неогена характеризовалась разнообразием и богатством видов. Довольно большим развитием пользовались широколист-

венные леса, в которых ведущая роль принадлежала вечнозеленым формам. В связи с усилением засушливости здесь появились ксерофильные элементы, давшие начало средиземноморскому типу растительности. Для этой растительности было характерно появление в составе вечнозеленых лавровидных лесов маслин, грецкого ореха, платанов, самшитов, кипарисов, южных видов сосен и кедров.

Важную роль в распределении растительности играл рельеф. На предгорных обильно заболоченных низменностях располагались заросли ниссовых, таксодиумов и папоротников. На склонах гор росли широколиственные леса, в которых ведущая роль принадлежала субтропическим формам, выше они сменялись хвойными лесами, состоящими из сосны, пихты, тсуги, ели.

При перемещении в сторону полярных областей в составе лесов исчезали вечнозеленые и широколиственные формы. Хвойно-широколиственные леса были представлены довольно большим спектром голосеменных и покрытосеменных форм от ели, сосны и секвойи до ивы, ольхи, березы, бука, клена, ореха, каштана. В аридной области умеренных широт располагались бореальные аналоги саванн — степи. Лесная растительность находилась по долинам рек и на побережьях озер.

В связи с похолоданием, усиливавшимся в конце неогена, возникли и получили широкое распространение новые зональные типы ландшафта — тайга, лесостепь и тундра.

До настоящего времени все еще окончательно не решен вопрос о месте возникновения тайги. Гипотезы приполярного происхождения тайги связывают образование таежных компонентов в приполярных районах с постепенным распространением ее к югу по мере наступления похолодания. Другая группа гипотез предполагает, что родиной таежных ландшафтов была Берингия — область суши, включающая современные Чукотку и обширные участки шельфовых морей Северо-Востока СССР. Так называемая филоценогенетическая гипотеза рассматривает тайгу как ландшафт, возникший за счет постепенной деградации хвойно-широколиственных лесов по мере похолодания и уменьшения влажности. Имеется также другая гипотеза, согласно которой тайга возникла в результате вертикальной климатической зональности. Таежная растительность вначале развивалась в высокогорье, а затем как бы «спустилась» на окружающие равнины во время похолодания. В конце неогена таежные ландшафты уже занимали обширные пространства Северной Евразии и северных районов Северной Америки.

На рубеже неогена и четвертичного периода вследствие похолодания и усиления засушливости в лесной формации особо вы-

делились травянистые растительные сообщества степного типа. В неогене начался процесс «великого остепнения равнин». Вначале степи занимали ограниченные районы и часто чередовались с лесостепями. Степные ландшафты формировались в пределах внутриконтинентальных равнин умеренного пояса с переменновлажным типом климата. В аридном климате образовались полупустыни и пустыни, главным образом за счет сокращения саванных ландшафтов.

Значительные изменения произошли в составе фауны. В шельфовых зонах обитали достигшие большого разнообразия двустворчатые и брюхоногие моллюски, кораллы, фораминиферы, а в более удаленных участках — планктонные фораминиферы и кокколитофориды.

В умеренных и высоких широтах состав морской фауны изменился. Исчезли кораллы и тропические формы моллюсков, появилось огромное количество радиолярий и особенно диатомей. Широкое развитие получили костистые рыбы, морские черепахи и земноводные.

Большого разнообразия достигла фауна наземных позвоночных. В миоцене, когда многие ландшафты сохраняли черты палеогена, развивалась так называемая анхитериевая фауна, получившая название по характерному представителю — анхитерии. Анхитерий — это небольшого размера животное, величиной с пони, — один из предков лошадей с трехпалыми конечностями. Анхитериевая фауна включала многие формы предков лошадей, а также носорогов, медведей, оленей, свиней, антилоп, черепах, грызунов и обезьян. Из этого перечисления видно, что в состав фауны входили как лесные, так и лесостепные (саванные) формы. В зависимости от ландшафтно-климатических условий наблюдалась экологическая неоднородность. В более засушливых саванных районах имели распространение мастодонты, газели, обезьяны, антилопы и т. д.

В середине неогена в Евразии, Северной Америке и Африке появилась быстро прогрессирующая гиппарионовая фауна. В нее входили древние (гиппарионы) и настоящие лошади, носороги, хоботные, антилопы, верблюды, олени, жирафы, бегемоты, грызуны, черепахи, человекообразные обезьяны, гиены, саблезубые тигры и другие хищники.

Самым характерным представителем этой фауны был гиппарион — небольшая лошадь с трехпалыми конечностями, пришедшая на смену анхитерии. Они обитали в открытых степных пространствах и строение их конечностей указывает на способность передвижения как в высокотравье, так и по кочковатым болотам.

В гиппарионовой фауне преобладающее значение имели представители открытых и лесостепных ландшафтов. В конце неогена роль гиппарионовой фауны возросла. В ее составе усилилось значение саванно-степных представителей животного мира — антилоп, верблюдов, жираф, страусов, однопалой лошади.

В течение кайнозоя связь между отдельными континентами периодически прерывалась. Это препятствовало миграциям наземной фауны и одновременно обусловило большие провинциальные различия. Так, например, в неогене очень своеобразной была фауна Южной Америки. Она состояла из сумчатых, копытных, грызунов, плосконосых обезьян. Начиная с палеогена, эндемичная фауна развивалась и в Австралии.

В течение неогенового периода климатические условия на Земле приближались к современным. Абсолютное господство континентальных условий на материках, резко выраженные контрасты наземного рельефа, наличие высоких и протяженных горных систем, уменьшение площади Арктического бассейна и его относительная изоляция, сокращение размеров Средиземного моря и многих окраинных морей оказали существенное влияние на климат неогена. В целом для климата неогена были характерны следующие особенности: прогрессивное похолодание, распространявшееся от высоких широт, и появление ледовитости в полярных областях; существенное обострение температурных контрастов между высокими и низкими широтами; обособление и резкое преобладание континентального климата.

Простираение климатических поясов приближалось к современному широтному. По обе стороны от экватора располагались экваториальный и два тропических пояса. В их пределах на континентальных поверхностях в условиях высокой увлажненности формировались мощные латеритовые покровы и произрастали тропические влажные леса. В морях обитали исключительно теплолюбивые представители фауны — кораллы, коралловые губки, мшанки, разнообразные брюхоногие и двустворчатые моллюски и т. д.

Для тропиков были характерны наивысшие значения температур. В прибрежных участках морских бассейнов среднегодовые температуры обычно превышали 22 °С. На периферии тропического пояса к северу и к югу от экватора течение миоценовой эпохи (в соответствии с изменением климатических условий) менялся тип растительности. Тропические дождевые леса сменялись субтропическими ксерофильными, а вечнозеленые формы вытеснялись хвойными и широколиственными. В пределах субтропического пояса располагались влажные и относительно засушливые ландшафты.

Природные условия субтропического пояса в миоцене подвергались сильным изменениям, с одной стороны, под воздействием наступающего похолодания, а с другой — в результате усиления континентальности климата. В лесах исчезли представители вечнозеленых ассоциаций, а затем теплолюбивые хвойные и даже некоторые широколиственные. В середине миоценовой эпохи среднегодовые температуры в субтропическом поясе составляли 17–20 °С, а в конце миоцена они повсеместно понизились на 3–5°.

Похолодание, прогрессивно развивавшееся с начала неогена, наиболее сильно отразилось на климате полярных и умеренных широт и выразилось в значительном разрастании покровного оледенения Антарктиды. Первые льды возникли в горных областях Антарктиды около 20–22 млн. лет назад. В дальнейшем ледники переместились на равнины, и их площадь особенно сильно возросла в середине неогена.

После кратковременного потепления, происшедшего около 5 млн. лет назад, вновь наступило похолодание. Оно привело к сужению экваториального, тропического и субтропического поясов и расширению площади аридного климата. Значительное понижение температур способствовало появлению тундрового и таежного типов ландшафта, увеличению мощности антарктического ледникового панциря и возникновению сначала горных ледников, а затем и сплошного панциря в полярных областях северного полушария. Впервые лед в акватории Северного Ледовитого океана появился около 4,5 млн. лет назад. Около 2 млн. лет назад ледниковыми покровами были заняты значительная часть Антарктиды, Патагонии, Исландия и многие острова Северного Ледовитого океана.

Природа четвертичного периода

Всего за 1–2 млн. лет в четвертичном периоде произошло множество событий, приведших к существенным изменениям природной обстановки. По крайней мере два события заставляют особо выделить четвертичный период среди остальных: во-первых, появление и развитие человека и, во-вторых, периодически повторяющиеся оледенения обширных территорий.

Становление человеческого общества и активное вмешательство человека в течение многих природных процессов позволили назвать четвертичный период антропогеновым. В течение плейстоценовой и голоценовой эпох антропогена в результате интенсивных тектонических движений продолжали увеличиваться глубина и ширина Атлантического и Индийского океанов и уменьшались размеры Тихого океана. Уровень Мирового океа-

на также на был постоянным. В эпоху максимального оледенения уровень океана уменьшался на 100 м, а в эпохи межледниковья увеличивался на 10 м по отношению к современному. Приведенные цифры весьма приблизительны и не полностью отражают действительную картину изменения гипсометрического положения каждого конкретного участка.

Наряду с тектоническими движениями большую роль в становлении современного облика рельефа играли экзогенные факторы — деятельность поверхностных вод, морей и ветра.

Под воздействием тектонических факторов, а также изменения объема воды в Мировом океане в процессе таяния льда или формирования наземного оледенения происходили морские регрессии и трансгрессии. Однако они были менее грандиозными, чем в прошедшие геологические эпохи и охватывали, как правило, сравнительно узкие приморские участки.

Климаты ледниковых и межледниковых эпох

В течение четвертичного периода наиболее ярко выразилась ритмичность изменений климата, которые носили глобальный характер. Они приводили к периодическому смещению климатических поясов, и их миграция даже за сравнительно короткий промежуток времени составляла 1000–2000 км.

От межледниковья до ледникового периода среднегодовые температуры поверхностных экваториальных вод изменялись на 6—10°. Амплитуда климатических изменений нарастала по мере движения от экватора к полюсам и от морских районов к континентальным. Причем если в областях с морским типом климата происходили колебания в температурном режиме, то во внутриконтинентальных районах изменялась влажность.

Сильное похолодание, наступившее в середине раннего плейстоцена, с понижением среднегодовых температур на 10–15° в высоких широтах, привело к образованию вначале мощного снежного, а затем и ледяного покрова. Ледниковые покровы, существовавшие в полярных районах в конце плиоцена, постепенно увеличивались в размерах. Хотя по ряду причин время начала систематических колебаний границ ледниковых покровов определить крайне трудно, принято считать, что значительные перемещения границ льдов начались примерно 700 тыс. лет назад.

В эпохи крупных оледенений нарастание мощности ледниковых покровов вызывало их смещение в направлении к экватору. Причем наибольшее смещение ледяной покров испытывал в районах с влажным морским климатом, в то время как в сухом континентальном климате ледники занимали небольшие площади.

Во время наиболее сильных похолоданий ледниковый покров в северном полушарии в среднем достигал 57° с.ш., в отдельных районах языки ледника простирались до 40° с.ш., а в Европе до 48° с. ш. В ледниковые эпохи границы морских льдов смещались в сторону низких широт на 10–15° в северном и на 5—10° в южном полушариях. Одновременно с этим снижался уровень снеговой линии в горах и увеличивалась площадь многолетних мерзлых почв.

Появление материкового ледяного щита и глобальное похолодание вызвали интенсивные изменения климатической зональности. По сравнению с современным, пояса арктического и антарктического климата сильно расширились. Арктический пояс простирался до 40–50° с. ш. Эта территория была занята обширными ледниковыми щитами, тундрой, тундростепями и морскими льдами. Пояса умеренного, субтропического и тропического климата были сильно сужены и смещены в низкие широты. В засушливых секторах влажность увеличивалась.

Вопрос о размерах и режиме выпадения атмосферных осадков в эпохи оледенений пока не решен. Несомненно, что условия увлажнения в это время в различных районах менялись по-разному. В эпохи максимальных оледенений общее количество атмосферных осадков в пределах континентов сильно уменьшалось, так как сокращалась общая площадь поверхности испарения, покрытая льдом. Прогрессивное уменьшение общего количества атмосферных осадков во время ледниковых эпох явилось одной из причин приостановления дальнейшего развития континентальных оледенений.

Охлаждающее влияние ледников на прилегающие территории вызвало возникновение своеобразных перигляциальных природных зон. Для них были характерны довольно низкие температуры воздуха в течение всего года и очень небольшое количество суммарной солнечной радиации и очень небольшое количество годовой суммы атмосферных осадков. Такие климатические условия способствовали появлению специфических ландшафтов, сочетавших черты современных тундр и высокогорных степей.

Рост ледникового покрова вызвал общее снижение уровня Мирового океана по сравнению с его современным уровнем. Во время оледенений не только увеличивалась континентального климата, но и происходило дальнейшее снижение температур ввиду того, что значительная доля солнечного тепла из-за высокой отражающей способности ледяной поверхности не расходовалась на обогрев планеты.

Падение температур и снижение уровня снеговой линии привели к возникновению горных оледенений не только в умерен-

ных, но и в субтропических и тропических поясах. Плейстоценовые горные ледники располагались во многих районах Азии, Африки, на островах Тихого океана и в тропической области Южной Америки.

Колебания мощности ледниковых покровов в северном полушарии, включая Арктический ледяной щит, происходили синхронно. Геологические, палеоботанические и палеонтологические исследования свидетельствуют о том что во время ледниковых эпох в субтропическом поясе увеличивалась влажность и снижались температуры, а в бессточном Большом Бассейне Северной Америки находились гигантские пресноводные озера Лаксвуд и Бонвилл. Доказано, что воды плейстоценовых озер не могли быть талыми ледниковыми. Озера в течение всего плейстоцена были бессточными, а котловины были заполнены в результате возрастания речного стока и увеличения атмосферных осадков. Аналогичные озерные бассейны располагались в Евразии (озера Иссык-Куль, Зайсан, озера Китая и Монголии).

Что же касается районов, прилегающих к экватору, то соотношение между оледенениями и плювиалами, т. е. эпохами выпадения обильных осадков во внеледниковых областях, здесь обратное. Ледниковым периодам соответствовали засушливые эпохи, а межледниковьям — дождливые. Геологические данные свидетельствуют о том, что во время ледниковых эпох соленость вод морей, расположенных в тропическом и экваториальном климате, увеличивалась, следовательно, ледниковые эпохи приводили к возникновению сухого климата в тропических областях.

Трудность обоснования изменения климатических условий на основе колебания уровня внутренних бассейнов хорошо видна на примере Каспийского моря. В течение плейстоцена этот бассейн претерпевал значительные колебания уровня. Одни трансгрессии Каспия были связаны с межледниковьями, другие — с ледниковыми эпохами.

В ледниковые эпохи разность между температурами низких и высоких широт в северном полушарии достигала 70 °С, в то время как в межледниковые эпохи она составляла всего 30–35 °С. Увеличение температурных контрастов от межледниковых эпох к ледниковым сопровождалось усилением интенсивности атмосферной циркуляции.

Смещение циклонов к экваториальным широтам приводило к увеличению увлажненности аридных областей, расположенных на территории Южной Европы, Центральной Азии, Африки и Северной Америки. Циклоническая деятельность в эпохи потеплений обеспечивала обильное выпадение атмосферных осадков в тропических и субтропических широтах. Большое количество

атмосферных осадков обеспечивало развитие, с одной стороны, горных ледников, а с другой увеличивало сток равнинных рек. Именно в плювиальные эпохи на равнинах Гоби, Аравии, Сахары Южной Африки и в Австралии была разработана гидрографическая сеть и повышались уровни озер.

В эпохи межледниковий происходило смещение в высокие широты климатических областей, и структура географической оболочки хотя и приближалась к современной, но не была полностью ей тождественна. Палеогеографические данные, главным образом палеонтологические материалы, со всей очевидностью свидетельствуют о различных особенностях природных зон межледниковий и о значительном расширении экваториальных и тропических поясов по сравнению с эпохами оледенения.

В пределах арктического и антарктического поясов, размеры которых были близки к современным, среднегодовые температуры, как правило, были отрицательными. Средние температуры самого холодного месяца колебались от -30 до -50 °С, а в теплые сезоны они повышались до $+2$ °С.

Субарктический пояс характеризовался развитием тундровых и лесотундровых ландшафтов. Средние температуры самого теплого месяца достигали $+12$ °С, и одновременно с этим возрастала годовая сумма атмосферных осадков.

В пределах умеренного пояса, так же как и в современную эпоху были развиты ландшафтно-климатические зоны тайги, широколиственных лесов, лесостепей, степей, полупустынь и пустынь. В зоне тайги в эпохи межледниковий средние температуры в зимнее время не опускались ниже -20 °С, а среднелетние температуры равнялись $+10-15$ °С. Зона широколиственных лесов характеризовалась среднегодовыми температурами до $+4$ °С. В пределах лесостепной и степной зон климат был более теплым. Среднелетние температуры в этих зонах нередко повышались до $20-25$ °С. Общее количество атмосферных осадков вряд ли превышало 500 мм и снижалось в центральных районах континентов, где, так же как и в современную эпоху, располагались обширные аридные области, занятые полупустынями и пустынями.

В пределах субтропического пояса выделяются области с соответствующим типом растительности. Северная граница субтропического пояса в эпохи значительных потеплений проходила в более высоких широтах по сравнению с современными. Среднегодовые температуры этого пояса колебались в пределах $14-18$ °С.

В тропическом и экваториальном поясах располагались области с аридным, переменнно-влажным (сезонно-влажным) и равномерно-влажным климатом. Среднегодовые температуры в пределах экваториального пояса изменялись в пределах $25-28$ °С.

Развитие органического мира

Периодически наступавшие оледенения вызывали колебания континентальных морей и озер, влияли на эрозионную деятельность рек и наложили отпечаток на состав и размещение органического мира.

В межледниковые эпохи природные условия напоминали современные. Особенности этих эпох являлись миграция в сторону полюсов и сильное расширение поясов теплого климата.

Конец плейстоцена и начало плейстоцена — один из величайших рубежей в истории органического мира. Около 3–4 млн. лет назад появились первые предки человека. На фоне этого грандиозного события все остальные видоизменения в составе органического мира кажутся не столь существенными, хотя сами по себе они очень важны. В течение четвертичного периода окончательно оформился современный облик растительного и животного мира. Многие представители теплолюбивой флоры и фауны вымерли. Однако нельзя не отметить, что исчезновение ряда крупных млекопитающих во второй половине плейстоцена, очевидно, было связано с деятельностью первобытного человека. Необыкновенно широкое распространение в растительном царстве получили травы.

Очень сильно в четвертичном периоде были выражены миграции различных групп организмов под непосредственным влиянием климатических условий. Растительный покров субтропического и тропического поясов по существу оставался прежним. Лишь изменение влажности в межледниковые и ледниковые эпохи (во время межледниковий в низких широтах увеличивалась засушливость и наступала ксеротермическая эпоха, а в первой половине ледниковой эпохи влажность возрастала и наступала пльвиальная эпоха) приводило к смене ландшафтных обстановок: саванны сменялись полупустынями, и наоборот.

В умеренных и высоких широтах особенно сильно менялся состав растительности, появились новые природные обстановки. Возникли и оформились тундровые и лесотундровые ландшафты, которые по мере развития покровного оледенения продвигались в сторону низких широт. В это время в значительной степени обеднялись таежные ландшафты, главным образом за счет исчезновения теплолюбивых элементов. В составе хвойно-широколиственных и лиственных лесов стали преобладать более холодолюбивые элементы. В межледниковые эпохи изменения в растительном покрове осуществлялись за счет расширения ареала теплолюбивых флор.

Значительную эволюцию в четвертичном периоде претерпела фауна, особенно наземные позвоночные. Под влиянием оледене-

ний происходили далекие миграции животных и осуществлялся активный обмен между отдельными континентами, которые временами соединялись перемычками. Интенсивно происходил обмен фауной между Африкой и Евразией, Евразией и Северной Америкой, Северной Америкой и Южной Америкой. Перемычки между континентами в периоды оледенений сильно расширились ввиду значительного понижения уровня воды в океанах.

В течение четвертичного периода некоторые млекопитающие приобрели ряд черт несвойственных их предкам. В частности, следствием похолодания климата явилось значительное увеличение размеров млекопитающих, появление у них мощного волосяного покрова, жировой прослойки и т. д. Те формы, которые не смогли приспособиться к холодному климату, вымерли.

В течение плейстоцена в субарктическом поясе северного полушария обитала довольно разнообразная фауна млекопитающих, многие из которых в голоцене вымерли. В тундре, лесотундре и в так называемых холодных степях паслись мамонты, шерстистые носороги, гигантский и северный олень, мускусный бык, песец, лемминг и различные грызуны.

Фауна умеренного пояса состояла из настоящего слона, носорога Мерка, бизона, гиппопотама, медведя, волка, саблезубой кошки, рыси, а в Северной Америке кроме перечисленных обитал мастодонт. В лесостепной и степной зонах состав фауны существенно менялся, здесь широким распространением пользовались лошади, бизоны, антилопы, лоси и многочисленные грызуны.

Большое разнообразие имели млекопитающие тропического и экваториального поясов. В зависимости от ландшафтных условий сложился саванный и лесной тип фауны.

В плейстоцене обитали животные, которые были известны в плиоцене в более северных областях, — это гиппопотамы, мастодонты, саблезубые тигры, носороги, олени, антилопы, зебры и т. д.

Довольно интересна эволюция хоботных в течение плиоцена и плейстоцена. Настоящие слоны появились в конце неогена. Их остатки обнаружены в ряде районов Евразии, Северной Америки и Африки. Столь обширный ареал объясняется высокой миграционной способностью слонов. Например, в поисках пищи и при наступлении неблагоприятных условий африканские слоны совершают суточные переходы до 100 км, при этом для них не служат преградой глубокие реки, озера или высокие горы. В плейстоцене слоны расселились на обширных территориях и приспособились к обитанию в самых различных климатических условиях от тропических саванн до субарктической тундры. Это привело к

возникновению различных экологических типов — от мамонтов до настоящих слонов.

В течение четвертичного периода происходила интенсивная эволюция высших представителей обезьян и человека. Вплоть до позднего плейстоцена остатки древних людей (гоминид) были представлены немногочисленными находками, сделанными в Африке, Азии и Европе.

Наиболее древними представителями семейства гоминид к которому относится и вид современного человека, являются австралопитеки. Обнаруженные остатки австралопитека (зубы нижние челюсти) в районе озера Рудольф в Южной Эфиопии имеют возраст от 4 до 3 млн. лет. Внешне череп австралопитека сходен с черепом крупной обезьяны, но емкость его мозговой коробки была около 600 см^3 , а это меньше, чем у современных людей (средний объем равен 1200 см^3). Эти существа тем не менее по осанке и даже походке мало отличались от нынешних людей. Жили австралопитеки на открытых пространствах тропического пояса, в лесных саваннах. Каков же был уровень их развития? По-видимому, примитивный, так как до настоящего времени отсутствуют факты о возможности изготовления ими орудий и использования огня.

На некоторых древнейших стоянках в Южной Африке (Кромдрай, Сварткрапс) были обнаружены черепа обезьяноподобных людей. Череп у них более массивный, чем у австралопитеков. Эти существа имели плоское лицо и низкий лоб. Судя по строению зубов, они были вегетарианцами. Эти гоминиды получили название парантропов, и их возраст условно отнесен к началу плейстоцена.

На рубеже плиоцена и плейстоцена австралопитеки и близкие к ним формы вымерли и на смену пришли «древнейшие люди», известные под названием архантропы. К ним относятся питекантропы, гейдельбергский человек, синантропы. Череп питекантропа был уплощен вверх, отличался низким лбом, выступающими челюстями и надбровными дугами. Средняя емкость мозговой коробки составляла 860 см^3 , а максимальная — не более 1000 см^3 . Слои, вмещающие остатки питекантропов, были определены как среднеплейстоценовые.

Архантропы изготовляли из песчаников, кварца и вулканических пород разнообразные орудия, применяли огонь, основным их занятием была охота. Так, например, в местах их стоянок обнаружены многочисленные кости оленей, пещерных медведей, буйволов, слонов и т. д.

После архантропов вплоть до середины последнего оледенения существовали палеоантропы. Они были представлены неандер-

тальцами и близкими к ним формами. С верхнего палеолита получили распространение живущие ныне неантропы — *Homo sapiens*.

Жизнь древнейших людей тесно переплеталась с окружающей их природой. Основная масса людей обитала в условиях с благоприятным климатом. При наступлении похолодания, по мере наступания в низкие широты ледников, они мигрировали в области в области с субтропическим и тропическим климатом в поисках пищи и тепла.

Послеледниковое (голоценовое) потепление

Последнее вюрмское оледенение закончилось недавно и около 14 тыс. лет назад наступило потепление, сопровождаемое деградацией ледниковых щитов в Европе и Северной Америке.

Как свидетельствуют результаты изучения изотопного состава кислорода в ледяной колонке Антарктиды, за последние 20 тыс. лет наиболее сильное потепление (климатический оптимум) произошло между 15-м и 11-м тысячелетиями, и его величина оценивается в 5°. Однако потепление не было одноактным процессом, а осуществлялось постепенно и периодически сменялось кратковременным похолоданием. Это выражалось в многократном колебании уровня Мирового океана, уровня снеговой линии, наступания и отступания ледников и т. д.

Во время климатического оптимума в северном полушарии происходили заметные изменения природной среды. Особенно сильно они проявились в умеренных и высоких широтах. На южном краю Скандинавского ледника в это время располагалась серия мелких ледниковых озер, на месте которых по мере отступания ледника образовалось Балтийское озеро. Его уровень был непостоянным и колебался в пределах десятков метров. Одновременно с этим изменялась соленость вод от слабо-засолоненной до пресной и постоянно менялись связи с открытым океаном. Во время снижения уровня Балтийского озера в результате сокращения притока пресной воды со Скандинавского ледникового щита, но высокого стояния Мирового океана, морские воды проникали в озеро, а это приводило к повышению его солености. После таяния Скандинавского ледника из-за отсутствия притока пресных вод уровень Балтики вновь опустился. Однако таяние приполярных ледниковых щитов, ледников Гренландии и Антарктиды продолжалось. Это в свою очередь вызывало сильный подъем уровня Мирового океана и поступление морских вод в Балтийскую котловину. Около 8 тыс. лет назад соленость в Балтике достигла 15‰, а температура воды была намного выше, чем в настоящее время. После регрессии, которая началась около 4,5 тыс.

лет назад, Балтика стала принимать современные очертания.

В течение голоценовой эпохи Балтика оказывала огромное климатическое воздействие на северо-западные и северные территории Европы. Особенно увеличивалась ее роль, когда осуществлялось соединение Балтики с теплым океаном. Высокая теплоотдача и влажность способствовали смягчению климата и давали возможность развитию на его берегах влаго- и теплолюбивых широколиственных лесов.

На протяжении всего климатического оптимума в Арктическом бассейне температура воды была на несколько градусов выше современной. Это благоприятствовало расселению на север относительно теплолюбивой фауны и перемещению в том же направлении растительных сообществ.

Многие моллюски, в настоящее время известные только у берегов Исландии и Кольского полуострова или Южной Гренландии, во время климатического оптимума прекрасно развивались у берегов Шпицбергена, Земли Франца-Иосифа, Новой Земли, где летом отсутствовали ледяные покровы.

Остатки растительности, произраставшей во время климатического оптимума на Шпицбергене, северном побережье Сибири, в Гренландии и на о-ве Элсмир, дают основание предполагать, что Арктический бассейн в основном был свободен ото льда. Образованный за зиму лед довольно быстро стаивал в летние месяцы.

На многих островах, расположенных в приполярных районах, росли леса. Так, в Исландии были распространены березовые и березово-буковые леса. Северное побережье Норвегии, Шетландские и Фарерские острова и многие острова Канадского Арктического архипелага покрывали листопадные леса. Об относительно высокой среднегодовой температуре свидетельствует характер лесной растительности Западной Европы. По сравнению с современной эпохой области произрастания лесов были смещены к северу на 3–5 °.

В связи с высокими среднегодовыми температурами в Евразии, а они более чем на 2° превышали современные, сильно повысился уровень снеговой линии, площадь ледников уменьшилась, и многие из них на Кавказе, Памире и в Альпах полностью исчезли.

Многочисленные оценки климата, основанные главным образом на палеоботанических и археологических данных, позволяют считать, что в это время в Европе было в среднем на 2–3° теплее, чем в настоящее время. Однако в Северо-Восточной Европе зимы были очень снежными, хотя и не столь холодными как ныне.

Более высокие температуры, примерно на 3–4° выше, чем в настоящее время, были свойственны континентальным областям

Северной Азии. Растительные зоны здесь были смещены к северу. Практически полностью отсутствовала тундра, а вместо горных тундр располагались различные кустарниковые ассоциации. Ландшафтно-климатические условия благоприятствовали миграции и развитию многих животных, неизвестных в этих районах в настоящее время. Так, на Новосибирских островах, по сообщению акад. Л. С. Берга, был обнаружен череп тигра. Тигры, как известно, в настоящее время живут только в уссуррийской тайге, хотя еще в начале XX в. они были известны и в Якутской тайге.

Во время климатического оптимума исчезли ледниковые щиты в Северной Америке и сильно сократилась их площадь в Гренландии. В связи с потеплением лесная растительность в Северной Америке продвинулась к северу на 4–5°.

Следы сильного потепления обнаружены и на многих территориях южного полушария, в том числе и в Антарктиде. По данным Г. Флона, среднегодовая температура во время климатического оптимума в Антарктиде увеличилась на 2–3°. Поэтому в водах, омывающих Огненную Землю, Антарктиду, Южную Африку и Австралию, обитали более теплолюбивые организмы чем живущие здесь в настоящее время.

В течение климатического оптимума сильно преобразились природные условия даже в тропических и экваториальных областях. Им было свойственно не только простое повышение температур, но и значительное изменение характера увлажнения. На это указывают изменившиеся ареалы обитания многих животных и растений.

Уровень африканских озер 8–9 тыс. лет назад был выше современного. Это, а также наличие многочисленных следов обводнения в современной аридной зоне, произрастание здесь влаголюбивой растительности служат неопровержимым доказательством существования на обширных территориях высокой влажности.

В ныне засушливых областях Азии в период климатического оптимума существовал жаркий влажный климат. В Индии и Пакистане количество атмосферных осадков почти в четыре раза превышало современный уровень и неоднократно происходили катастрофические разливы рек.

Климатический оптимум завершился небольшим по интенсивности похолоданием, которое произошло 4–3 тыс. лет назад. В это время несколько увеличились площади ледников, на суше возросли контрасты зимних и летних температур, снизилась среднегодовая температура, а ландшафтно-климатические области отступили в сторону экватора.

Изменение климата в историческую эпоху

После похолодания, длившегося около 2 тыс. лет, в начале нового летоисчисления вновь наступила относительно теплая эпоха, которая в истории и климатологии известна под названием эпохи викингов. Именно в это время, в конце I и в начале II тысячелетия н. э., выходцы из Скандинавии, именуемые викингами, совершали далекие путешествия, открывали и осваивали новые земли. Сведения о путешествиях викингов, укладе их жизни, природных условиях передают древнескандинавские сказания (саги).

Столь успешной миграции людей и освоению ими новых земель способствовало значительное потепление климата, охватившее многие районы земного шара. Отсутствие мощного льда в Северной Атлантике благоприятствовало плаванию. На маленьких суденышках, подчас подчиняя свою судьбу воле волн и ветра, викинги совершали далекие и продолжительные путешествия. Около 700 г. н. э. ирландские монахи открыли Фарерские острова и обосновали там поселение. Почти через 100 лет острова были захвачены норвежскими викингами.

Позднее викинги открыли Исландию, а в 875 г. достигли Гренландии.

В начале XI в. они высадились на берегу Северной Америки и основали там поселение. Между Гренландией и Северной Америкой имелось регулярное сообщение. Считается, что таким образом викинги освоили о-в Баффинова Земля, п-ов Лабрадор и о-в Ньюфаундленд. Эти предположения недавно были подтверждены находками остатков древних поселений в Ньюфаундленде и Гренландии. В настоящее время поселения викингов в Гренландии погребены под мощной толщей льда.

Во всех исландских сагах, где говорится о путешествиях викингов, нет упоминаний о ледяных препятствиях. Следовательно, морские льды отсутствовали и плавание между Исландией и Гренландией совершалось регулярно.

Поселенцы в Гренландии занимались скотоводством, в то время как в настоящее время значительная часть этого острова покрыта ледяным панцирем, а его жители в основном занимаются добычей морского зверя и рыболовством. Викинги плавали и в северо-восточном направлении. Они неоднократно огибали Скандинавию, открыли Шпицберген и, возможно, даже достигли устья р. Северной Двины. Потепление климата в IX–XI вв. в Европе сопровождалось уменьшением влажности. Однако оно было не таким интенсивным, как в период климатического оптимума; среднегодовые температуры повысились лишь на 1–2°.

В раннем средневековье в результате потепления улучшилась ледовая обстановка в Арктике. Во многих районах произрастали несвойственные настоящему времени растения. Так, в Северной Америке на берегах р. Св. Лаврентия в это время отмечалось обилие винограда, в Китае в районе р. Хуанхэ выращивали мандарины и апельсины, в Японии повсеместно наблюдалось очень раннее цветение сакуры.

В областях современного аридного климата было влажно. Полноводнее были реки бассейнов Средиземноморья и Ближнего Востока, уровень озер, в том числе и уровень африканского озера Чад, был намного выше, чем в современную эпоху. Это потепление длилось примерно около 500–600 лет и его часто называют малым климатическим оптимумом.

Наступившее похолодание носит название малого ледникового периода. Оно началось в XIII–XIV вв. и завершилось в конце XIX в. Серия кратковременных, но сильных похолоданий сменилась потеплениями. Во время похолоданий температуры снижались по сравнению с современными на 1,5–2°. О природных условиях этого довольно длительного периода человеческой истории свидетельствуют многочисленные летописи и другие письменные источники.

Для времени похолодания важным показателем климата, растительности и животных суши, является состояние горных ледников. Однако они часто реагируют на изменения климата не сразу, а с некоторым опозданием.

В XIV в. началось наступление ледников в Альпах, на Кавказе, Аляске, Скандинавии и Исландии. Многие из них стали спускаться в долины. Максимальные наступания ледников в Европе произошли между XVI и XVII вв. и после кратковременного потепления новая волна холода повлекла увеличение площади ледников в течение XVIII столетия.

Ухудшение климата фиксируется не только развитием горных ледников, но и состоянием ледовой обстановки в Арктике и Антарктике, резким ухудшением произрастания многих растений и миграцией в теплые края животных.

Еще в начале малого ледникового периода население Исландии вынуждено было отказаться от возделывания зерновых культур. Многие поселения в Гренландии были оставлены и затем погребены под толщей льда и снега, погибли деревья и кустарники на севере Скандинавии, в Исландии и на арктическом побережье Сибири.

В это время не только в Европе, но и на других континентах северного полушария учащается количество суровых и снежных зим, увеличивается продолжительность холодного сезона, обыч-

ными становятся прохладные летние месяцы и даже в районах, расположенных в низких широтах, временами выпадает снег, а реки покрываются льдом. Так, например, Гenuэзский залив в зимнее время покрывался ледяным панцирем, а многие оливковые деревья, виноградники и цитрусовые во Франции, Италии и Испании вымерзли.

В Северной Америке и Евразии с похолоданием были связаны частые и глубокие вторжения холодного воздуха из Арктики. Климат в Японии и Китае в течение XV–XVI вв. был прохладным и влажным, но максимальное похолодание произошло между серединой XVIII и серединой XIX вв. В это время средние температуры лета и зимы в Японии стали на 1–2° ниже современных.

Суровые зимы, наводнения, засухи и другие экстремальные природные явления приводили к крупным неурожаям, сопровождавшимся голодом и распространением эпидемий среди населения.

В конце XIX в. началось потепление, однако оно стало ощутимым только в 20–30-е годы XX в. за счет возрастания температур в Арктике. Используя инструментальные наблюдения, ученые установили, что в Баренцевом море в течение 1919 — 1928 гг. температура воды стала почти на 2° выше по сравнению с 1912 — 1918 гг. Зимние температуры в западной части Гренландии в 30-е годы поднялись почти на 5°, а на Шпицбергене — на 8 — 10° по сравнению с 1912–1920 гг. В это же время происходило таяние многих горных ледников и сильно смягчилась ледовая обстановка в Арктике. На западном побережье Гренландии ледники отступили почти на 20 км. В Канаде скорость отступления ледников составляла 3 м в год. Площадь ледников Кавказа начиная с 1890 по 1945 г. уменьшилась более чем на 10 %. Сократили свои площади ледники на Полярном Урале, Памире, Тянь-Шане, Алтае, Саянах, Гималаях и на островах Арктики. Сильно сократились площади ледников в горах Тропической Африки и в Кордильерах. В Арктике растаяли многие так называемые ледяные острова, представляющие собой скопления льда на подводных поднятиях. Между островами в результате таяния льда возникли и расширились проливы.

Граница многолетнемерзлого грунта постепенно сместилась к северу. Почти на 1 млн. км² за 30 лет уменьшилась площадь льдов в советской акватории Арктики, а ледовитость Баренцева моря сократилась на 15 %. Реки и озера в умеренных широтах северного полушария вследствие потепления вскрывались значительно раньше, а замерзали позже, чем в середине XIX в.

Потепление в XX в. было настолько интенсивным, что отразилось на составе и размещении животного и растительного цар-

ства. Многие птицы стали прилетать раньше и селиться даже севернее своих обычных мест гнездования. Переместили свои гнездовья на север Норвегии и Финляндии белые куропатки, южной части Гренландии появились сизоголовые дрозды, а в Исландии — ласточки.

Потепление вод Арктического бассейна вызвало миграцию на север многих промысловых рыб. В Баренцевом море появились приобрели хозяйственное значение сельдь, пикша, треска, ранее известные здесь в весьма незначительных количествах.

В Белом море прижился морской окунь, а на западе Балтики — анчоус. Аналогичные миграции осуществлялись и в Тихом океане. Изменились места обитания сардин, а в Охотском море появилась ранее неизвестная здесь скумбрия.

Однако после 40-х годов произошло некоторое похолодание, которое прежде всего выразилось в увеличении продолжительности зимнего сезона и небольшом падении среднезимних температур. Многие ледники увеличили мощность, часть их спустилась в долины. Это касалось не только горных ледников, но и обширных покровных ледников Гренландии и Антарктиды.

В высоких широтах увеличились число и размеры айсбергов.

По многочисленным данным за период с 1958 по 1963 г. средняя температура северного полушария снизилась на 0,5–0,8°. Однако в южном полушарии столь заметного похолодания не происходило, а в Австралии и Новой Зеландии даже наблюдалось некоторое повышение температур. Многолетние исследования в Антарктиде показали, что, начиная с 1957 г., в течение 10 лет среднегодовые температуры понизились почти на 0,25° а с 1967 г. произошло повышение среднегодовых температур на 0,4°. Именно это несоответствие явилось предвестником весьма странного на первый взгляд повышения температурного режима.

В конце 60-х и начале 70-х годов началось второе по счету потепление XX в. Если первое потепление было вызвано естественным снижением прозрачности атмосферы, то главной причиной второго потепления послужила хозяйственная деятельность человека.

Существенные поправки в формировании современного климата вносит прогрессивная хозяйственная деятельность человека, которая коренным образом изменила биосферу Земли. Человечество не только активно влияет на развитие и расселение той или иной популяции животных и растений, но и в значительной мере преобразует природную среду.

Причины климатических изменений и климаты будущего

Природные события различного ранга геологического прошлого Земли нашли свое воплощение не только в образовании возрастных, генетически неоднородных отложений и структур, но и в становлении современной географической оболочки нашей планеты. Земная поверхность под воздействием атмосферы и гидросферы, глобальных перемещений жестких литосферы, морских трансгрессий или регрессий и других факторов существенно видоизменяла свой облик. Особенно сильные изменения на протяжении длительной истории развития Земли происходили с климатом нашей планеты. В связи с необходимостью прогнозов климата ближайшего и будущего попробуем выяснить причины этих климатических изменений.

Что влияет на изменение климата?

В истории климата Земли намечаются разномасштабные периодические колебания. Одни из них измеряются десятками миллионов лет, другие — десятилетиями, и в каждом таком изменении имеются свои причинно-следственные связи.

Не вызывает сомнения, что такие изменчивые космические факторы, как яркость Солнца и угол наклона земной оси, форма земной орбиты и скорость вращения Земли прямо или косвенно оказывали воздействие на климат Земли и изменяли его. Более подробно остановимся на возможном влиянии на климат геолого-географических причин. Приходно-расходный баланс тепла и влагообмена на земной поверхности осуществляется через атмосферу, океан, биосферу и литосферу. Атмосфера ответственна за изменчивость погоды и климата от нескольких часов до столетий, гидросфера — от десятилетий до тысячелетий, а биосфера и литосфера изменяют климат с еще большей периодичностью.

На глобальный климат Земли оказывают большое влияние не только морские трансгрессии и регрессии, но и особенно положение литосферных плит. Увеличение площади морей и океанов приводит к господству на Земле влажного и теплого климата, а при регрессии, обычно сопровождаемой повышением гипсометрического положения суши и возникновением расчлененного рельефа, усиливается контрастность в распределении температур и влажности. Но максимальное воздействие на климат Земли оказывало положение материков — их дрейф. В те времена, когда в приполярных районах находилась материковая суша, на Земле наступали оледенения, сильно изменялась циркуляция воздуш-

ных масс и морских течений. Такие крупные оледенения происходили в позднеордовикское и позднекарбоновое время, когда вблизи Южного полюса оказывалась суша Гондваны. В то же время, когда на обоих полюсах Земли располагались океаны или даже мелководные эпиконтинентальные моря, климат на Земле был теплым. Эту закономерность можно объяснить тем, что отражающая способность (альbedo) водной поверхности намного ниже, чем у суши. Вода не только поглощала солнечные лучи, но и, обладая большой теплоемкостью, как бы обогревала нашу планету. Таким образом материковая суша играла роль глобального холодильника.

Установлено, что в распределении тепла и влаги на земной поверхности немаловажную роль играют прозрачность атмосферы и содержание в ней углекислого газа (CO_2) и паров воды. Содержание CO_2 в атмосфере на протяжении последних 100 млн. лет неуклонно падало, но уменьшение ресурсов углекислоты происходило весьма неравномерно. В отдельные периоды количество CO_2 было близким к современному, а в другие — возрастало почти в 10–15 раз. Так, например в кембрии, девоне, раннем карбоне содержание углекислоты превышало 0,4 %, а в конце ордовика и в позднем карбоне составляло всего 0,05 %.

При сравнении характера изменения значений среднеглобальных температур с кривой изменения содержания CO_2 в атмосфере выясняется их почти полное единообразие. Эпохи с высоким содержанием атмосферной углекислоты характеризовались существованием высокого термического режима, и наоборот. Колебания ресурсов CO_2 в атмосфере определялись тектонической и магматической активностью Земли и регламентировались развитием биосферы. Усиленный приток CO_2 в атмосферу был связан с интенсивной вулканической деятельностью и хорошо увязывался с возникновением и ростом крупнейших рифтовых структур и активными перемещениями литосферы. Большой объем карбоната накопления и увеличение продуктивности растений привели к усиленному расходу атмосферной углекислоты.

Если относительно причины возникновения палеозойских оледенений мы можем судить благодаря неопровержимым геологическим данным, то что же привело к возникновению и развитию четвертичного оледенения? Похолодание, случившееся во второй половине олигоценовой эпохи, и появление первых ледников в Восточной Антарктиде были результатом сильного уменьшения количества атмосферной углекислоты, возникновением пролива Дрейка и образованием широкого пролива между Антарктидой и Австралией, благодаря которым было сформировано крупнейшее течение Западных Ветров. Это циркумантарк-

тическое течение наряду с понижением температур в глобальном масштабе привело к возникновению мощного ледяного покрова Антарктиды.

В дальнейшем похолодание охватило северное полушарие и кроме уменьшения содержания атмосферной углекислоты развитию ледяного покрова в Арктике благоприятствовала сильная морская регрессия. В конце плиоценового времени почти вся площадь современного шельфа Арктики представляла собой низменную сушу и, следовательно, высокое альbedo в полярных широтах наряду с другими факторами было одной из важнейших причин развития оледенения.

Одной из главных причин непредвиденного возрастания среднеглобальных температур в конце 60-х годов XX в. является резкое возрастание количества углекислого газа в атмосфере.

В свою очередь такой подход к рассмотрению причинно-следственных связей климата с атмосферой создает реальные предпосылки для правильного прогноза климата будущего.

Прогноз климата будущего

В последние годы была установлена определенная закономерность между глобальными температурами земной поверхности и концентрацией CO_2 в атмосфере. В течение кайнозоя происходило неуклонное снижение ресурсов CO_2 в атмосфере и этот процесс ускорился в конце неогена, когда общая масса углекислого газа достигла наименьших значений за всю историю Земли. Под влиянием естественного убывания содержания CO_2 климат изменялся с периодичностью более ста тысяч лет. Этому способствовали гипсометрическое положение суши, морские регрессии, мощность растительного покрова, соотношение площадей суши и водной поверхности и т. д.

Вулканические извержения, в результате которых в атмосферу попадает не только углекислота, но и огромный объем тонкой вулканической пыли (это приводит к резкому увеличению альbedo атмосферы, а значит и к снижению температур), также приводили к колебаниям климата.

Исходя из периодического изменения положения Земли в космическом пространстве (согласно гипотезе югославского геофизика М. Миланковича, наклон земной оси периодически изменялся через каждые 40 тыс. лет положение земной орбиты — через 92 тыс. лет, а нахождение ближайшей точки земной орбиты к Солнцу — перигелия — через 21 тыс. лет), советские ученые Ш. Г. Шараф и Н. А. Будникова вычислили, что слабые оледенения на Земле могут наступить через 170, 215, 269 и 335 тыс. лет, а сильные оледенения через 505, 620, 665 и 715 тыс. лет. Если не

учитывать деятельности человека, то примерно через 10–15 тыс. лет в высоких широтах должно произойти существенное снижение радиационного баланса. Это приведет к развитию оледенения. В дальнейшем радиация вновь возрастет, что приведет к разрушению ледникового покрова. По расчетным данным, уменьшения радиации могут повторяться через каждые 40 и 90 тыс. лет, причем амплитуды их будут возрастать.

Если учесть, что за последние 30–40 млн. лет происходило неуклонное снижение ресурсов CO_2 в атмосфере, то надо полагать, что в будущем эта естественная убыль углекислоты сохранится. Учитывая общую тенденцию снижения концентрации CO_2 в атмосфере, можно предсказать время наступления полного оледенения планеты. Оно должно произойти тогда, когда концентрация CO_2 в атмосфере станет меньше 0,015 %. Согласно расчетным данным это наступит примерно через 1 млн. лет.

Снижение концентрации углекислого газа в атмосфере могло бы привести не только к понижению температурного режима, но и к постепенному сокращению продуктивности растений и уменьшению общей массы живых организмов.

Такой пессимистический вывод не должен вызывать особых тревог, поскольку в нем не учитывается хозяйственная деятельность человека — фактор, имеющий огромное влияние на формирование климата. Так, например, в начале XX в. концентрация углекислого газа в атмосфере составляла 0,029 %, а в настоящее время — 0,033 %. Человечество оказывает активное влияние на окружающую среду. Только за последние десятилетия в результате сжигания различных видов жидкого и твердого топлива в атмосфере не только наблюдались повышения температур, но и увеличение концентрации CO_2 .

Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере почти на 0,003 %, которое произошло за два-три десятилетия, компенсирует естественную убыль CO_2 за 200 тыс. лет. И это произошло, несмотря на все возрастающую вырубку лесов и существование активных поглотителей углекислоты — морей и океанов. Следовательно, хозяйственная деятельность человека не только существенно замедлила процесс естественной убыли углекислоты в атмосфере, но и привела к ее возрастанию.

Если даже представить себе, что в ближайшем будущем полностью прекратится выброс в атмосферу CO_2 , что само по себе маловероятно, то имеющейся концентрации углекислого газа в атмосфере будет вполне достаточно для того, чтобы оттянуть время наступления оледенения на десятки и даже сотни тысяч лет. Вместе с тем при сохранении масштабов современного воздействия человека на атмосферу, а оно имеет определенные тенденции к

резкому возрастанию, вероятность глобального оледенения Земли в будущем сводится к нулю.

Однако людям важно знать не только то, что будет через миллионы или тысячи лет, но и то, что ждет нас в самом ближайшем будущем. В предстоящие десятилетия основное воздействие на климат будут оказывать по крайней мере три главных фактора: рост производства различных видов топливной энергетики; увеличение содержания углекислого газа в атмосфере в результате активной хозяйственной деятельности людей; изменение концентрации атмосферного аэрозоля, т. е. небольших, пылеватых частиц в атмосфере.

По мнению многих исследователей, наиболее надежным прогнозом в развитии предстоящих климатических изменений являются те, которые основаны на данных потребления энергетики. При этом учитываются потребление в народном хозяйстве газа и нефти, каменного угля, горючих сланцев, а также использование атомной и термоядерной энергии.

Изменения содержания в атмосфере ряда других компонентов могут прямо или косвенно оказывать влияние на климат. Так неоднократно предпринималась попытка подсчитать влияние антропогенного аэрозоля на формирование климата. Частицы аэрозоля, образующие смог, увеличивают альбедо атмосферы и тем самым способствуют снижению среднеглобальной температуры. Возможность возрастания содержания антропогенного аэрозоля в ближайшем будущем в больших размерах маловероятна, так как во многих промышленно развитых странах в огромных масштабах проводятся работы по улавливанию и утилизации практически всех выбрасываемых в атмосферу частиц. Охранные мероприятия по борьбе с загрязнением атмосферы с каждым годом усиливаются в законодательном порядке.

В процессе прогнозных расчетов еще не учитывается возможность крупных извержений вулканов в будущем с выбросом в атмосферу не только углекислого газа и других газообразных веществ, в том числе и водяного пара, но и большого количества тонкой вулканической пыли — пепла. Увеличение содержания пепла в атмосфере приводит также к существенному понижению среднегодовых температур. Такая картина наблюдалась на нашей планете через год после извержения крупнейших вулканов — Везувия, Катмай, Этны, Кракатау, вулканов Камчатки и Курильских островов.

Анализ многочисленных материалов по антропогенным факторам, воздействующих на климат, позволил советскому климатологу М. И. Будыко еще в начале 70-х годов дать прогноз о повышении среднеглобальных температур. По его предположению, с

1970 по 2000 г. при повышении концентрации углекислого газа на 17 % средняя температура воздуха у земной поверхности должна повыситься на $0,65^{\circ}$. Исходя из того, что концентрация углекислого газа в 2000 г. составит 0,037—0,039 %, в 2025 г. — 0,065—0,074 % ожидается, что это приведет к повышению среднеглобальных температур в 2000 г. на $1,5^{\circ}$, а через 25 лет, возможно, на 5° .

Глобальное потепление на $1,5^{\circ}$ приведет к уменьшению количества зимних атмосферных осадков на значительной части степной и лесостепной зон примерно на 10–15 % и соответствующему их увеличению в субтропическом поясе. В результате потепления исчезнут горные ледники и полярные ледниковые покровы, а уровень Мирового океана, возможно, повысится и произойдет новое перемещение к полюсам ландшафтно-климатических зон.

Заключение

Рассмотрев сложную и многоликую историю нашей планеты, рано говорить о том, что она хорошо изучена и нам все уже известно. Еще до конца не выяснены природные условия архея и протерозоя, имеются пробелы в фанерозойской истории, а некоторые палеогеографические реконструкции гипотетичны и оцениваются специалистами неоднозначно.

Мы попытались показать чем занимаются палеогеографы и каков конечный результат их исследований. Вместе с геологами палеогеографы стремятся выяснить многочисленные изменения природной среды, имевшие место на протяжении продолжительной эволюции Земли. Палеогеограф, по образному выражению ирландского ученого Г. Митчела, можно уподобить двуликому Янусу, одно лицо которого обращено в туманную даль прошлого, а другое — в будущее. Двойственный характер палеогеографии выражен повсеместно. Хорошо изучив древние физико-географические условия, эндогенные и экзогенные процессы, выяснив хронологическую последовательность развития ландшафтов, животного и растительного мира, можно более глубоко познать современные механизмы формирования природы и на основании этого дать обоснованный прогноз на будущее, предсказать состав будущей гидросферы, атмосферы и биосферы. Палеогеография — бурно развивающаяся в настоящее время область комплекса наук, изучающих нашу Землю. Она в свое время отпочковалась от исторической геологии, основной задачей которой является изучение, восстановление и описание крупнейших форм земной поверхности — океанов и континентов. Палеогеография преврати-

лась в науку о строении и составе древней географической оболочки Земли во всем ее многообразии и сложном взаимодействии с земной корой, атмосферой, гидросферой и биосферой.

Изучая историю растительности и используя принцип «от прошлого к настоящему — для будущего», палеогеограф, хорошо зная прошедшие и современные тенденции развития, может наметить реальные перспективные направления изменения ландшафтов.

То же самое касается будущего развития почв, атмосферы, гидросферы или рельефа Земли. Однако здесь могут возникнуть возражения в том плане, как же можно прогнозировать на ближайшее и отдаленное будущее природные условия, если в результате деятельности человека во многих районах земного шара нарушен естественный ход развития природных ландшафтов и обстановок. Все это действительно так. Однако ведь палеогеограф способен восстановить картину земной поверхности в то время, когда воздействие на природу человека полностью отсутствовало. Учет этого позволяет наметить правильные пути восстановления утраченных ландшафтов.

Это одна из важнейших сторон палеогеографии. Ее практическую и экономическую роль можно оценить в ближайшем будущем. Но в другом направлении она уже в настоящее время имеет неоспоримое прикладное значение. С помощью палеогеографических реконструкций устанавливаются физико-географические условия накопления и закономерности размещения многих полезных ископаемых. Зная условия образования каменного и бурого угля, бокситов, рудоносных кор выветривания, фосфоритов, каменных и калийных солей, осадочных железных руд, марганца, урана, россыпей благородных металлов и драгоценных камней, залежей нефти и газа, выявляя аналогичные природные зоны в геологическом прошлом Земли, палеогеографы совместно с геологами указывают на конкретные районы или области потенциально перспективные на тот или иной вид минерального сырья. Прогнозы такого рода довольно точны, легко проверяемы и многократно подтверждаются практикой. Экономический эффект таких прогнозов очень велик.

Большая заслуга принадлежит палеогеографии в деле подтверждения или, наоборот, отрицания тех или иных научных разработок, идей и гипотез. Так, палеогеографические и палеоклиматические исследования подтвердили принципиальную возможность дрейфа материков.

Палеогеография обладает неисчерпаемыми резервами, которые, однако, зависят от использования в практике исследований новых методов. Например, успешное освоение и внедрение геохимических методов значительно расширили спектр определе-

ния температурных условий и палеоклиматов. В настоящее время с их помощью определяются палеотемпературы морей, океанов и пресноводных бассейнов, устанавливаются абсолютные значения глубин, соленость вод древних морских бассейнов, особенности течений и т. д.

Применение математических методов, особенно статистической обработки, позволило перейти от качественных характеристик к количественным, что, естественно, способствовало более полному отображению и глубокому познанию особенностей ландшафтов прошлого.

При решении палеогеографических задач любого ранга от локальных (выявление береговой линии на небольших участках, определение палеотемператур какого-либо района, направления и скорости течения древней реки) до глобальных (выявление древней климатической зональности, реконструкции рельефа и ландшафтов прошлого Земли) не следует пользоваться одним, пусть даже хорошо проверенным методом. Чем больше методов включено в сферу исследования геологического объекта, т. е. чем более комплексно будет решаться палеогеографическая задача, тем надежнее конечный результат.

Палеогеография — наука еще очень молодая и поэтому многие ее методы еще недостаточно полно разработаны. Мы до сих пор почти совсем не можем воссоздать доюрскую географическую среду на огромных площадях, занятых в настоящее время океанами. Огромный материал, полученный путем глубоководного бурения со специально оборудованных кораблей и платформ, позволяет восстановить физико-географические условия на месте современных океанов с середины мезозойской эры. Все еще слабо разработаны методы реконструкции древних ландшафтов по глубокометаморфизованным и сильно измененным породам. Это значит, что в настоящее время почти недоступна для серьезных палеогеографических построений большая часть протерозойской и соответственно архейской истории Земли.

Представляется, что будущее развитие палеогеографии наряду с углубленным изучением фанерозойской истории отдельных материков будет связано с разрешением перечисленных выше проблем. Можно выделить еще две проблемы, тесно связанные жизнью человечества, — взаимодействие между органическим миром (точнее биосферой) и окружающей средой в прошлом прогнозирование дальнейшего развития природы и биосферы регионального до глобального уровня. Эти проблемы имеют жизненно важное значение для нас и будущих поколений.

Николай Александрович Ясаманов

Популярная палеогеография

Издательство "Недра"

1985

Примечания

1

Несмотря на достижения современной науки о происхождении Земли, в настоящее время существует идеалистическая доктрина креационизма. Она в качестве главного инструмента интерпретации геологии выдвигает катастрофизм и постоянно апеллирует к библейскому описанию происхождения Земли. Эта идеалистическая доктрина путем создания законодательного акта, изданного в 1982 г., насаждается в школах, университетах, музеях и публичных библиотеках США. Сторонники «научного креационизма» утверждают, что возраст Земли и Вселенной составляет всего несколько тысяч лет, и последние были «созданы» всего за несколько дней. Действие этого законодательного акта уже одобрено в штатах Арканзас и Луизиана, а в 20 штатах США аналогичные законодательные проекты находятся в стадии обсуждения. Несомненно, что этот прецедент открывает широкую дорогу к преподаванию в вузах США псевдонаучных идей и подвергает сомнению основные принципы и заключения геологии. Насаждение доктрины креационизма означает возвращение к XVIII в., т. е. к периоду начала борьбы катастрофизма с эволюционизмом, и является компроментацией геологии и геологического образования в целом.