

Глава 8. ДРЕЙФ КОНТИНЕНТОВ В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

Как мы старались показать выше, геологические данные убедительно свидетельствуют о том, что формирование континентальной коры началось около 4,0–3,8 млрд лет назад, т. е. с задержкой приблизительно на 600–800 млн лет по отношению к моменту образования самой Земли. С тех пор происходило последовательное, но весьма неравномерное наращивание массы коры вплоть до ее современных размеров. Интенсивнее всего образование коры происходило в позднем архее. Однако в течение почти всего архея крупных континентов еще не существовало, а их зародыши – нуклеары и древние щиты – скорее всего развивались изолированно друг от друга. Первый же крупный суперконтинент, Моногея, по-видимому, сформировался только на рубеже архея и протерозоя, около 2,6 млрд лет назад, в момент образования у Земли плотного окисно-железного ядра. В последующие эпохи неоднократно возникали другие суперконтиненты (см. рис. 6.6), происходили их дробления на отдельные материки, дрейфовавшие в стороны друг от друга, и новые их объединения в новые суперконтиненты типа вегенеровской Пангеи позднего палеозоя. При этом теоретическое рассмотрение проблемы и численное моделирование конвективных процессов в мантии показывает, что суперконтиненты могли формироваться с периодичностью около 800 млн лет и только после архея, а за все послеперархейское время они могли возникать только четыре раза (см. раздел 6.3). Здесь мы постараемся реконструировать пространственные положения этих суперконтинентов и дрейф материков (и океанов) в докембрийской истории Земли. При этом рассмотрение таких реконструкций мы будем проводить в исторической последовательности, от древних ситуаций к современным, хотя сами построения проводились в обратном порядке: от современных расположений континентов к древним.

8.1. Развитие континентальных щитов в архее

Как мы уже отмечали (см. раздел 6.8, рис. 6.17), в архее континентальная кора формировалась за счет вторичного переплавления частично гидратированных базальтовых пластин (океанической коры) в местах их торошения и скучивания над нисходящими конвективными потоками в мантии. Мантийная конвекция в раннем и среднем архее носила преимущественно тепловой характер с подогревом снизу на фронте зонной дифференциации земного вещества и по этой причине должна была организовываться в систему стационарных бенаровских ячеек (см. раздел 6.3, рис. 6.4). Поэтому и количество древних зародышей континентальной коры в раннем архее скорее всего соответствовало числу существовавших тогда конвективных ячеек и могло достигать 40 “нуклеаров” (по терминологии В.М. Моралева и М.З. Глуховского). В это время сами щиты формировались изолированно друг от друга и как бы стоя на месте, без заметного континентального дрейфа, постепенно приобретая очертания округлых структур. При этом, правда, по мере погружения фронта зонной дифференциации земного вещества и расширения зоны дифференциации, размеры устойчивых бенаровских ячеек тоже увеличивались, что должно было приводить к перестройкам конвекции и к соответствующим объединениям нуклеаров в более крупные щиты. Тем не менее к середине позднего архея все-таки должно было еще сохраняться не менее 10–12 не связанных друг с другом центров формирования будущих континентов – архейских щитов.

Восстановить взаимные расположения древних щитов на поверхности Земли в архее сейчас не представляется возможным. Однако общие закономерности распределения континентальных массивов в то далекое время наметить все-таки возможно. Вероятнее всего первые наиболее древние зародыши будущих континентальных щитов около 3,8 млрд лет назад появились в экваториальном поясе литосферной оболочки Земли (см. рис. 4.3), над наиболее древней зоной дифференциации

земного вещества (см. раздел 4.2). Многие из таких зародышей будущих континентов, вероятно, не сохранились до наших дней, но некоторые из них, как, например, серогнейсовые комплексы Западной Гренландии или породы Йенгрской серии Алданского щита, не только сохранились, но и являются стратотипными примерами наидревнейших образований земной коры.

В дальнейшем в течение почти всего архея зонная дифференциация земного вещества уже питалась в основном только гравитационной энергией, но продолжала развиваться как бы по наследству все в том же расширяющемся низкоширотном поясе Земли. При этом взаимный дрейф архейских щитов по отношению друг к другу еще оставался незначительным, поскольку все они тогда формировались более или менее независимо в условиях стационарной тепловой конвекции бенаровского типа над нисходящими конвективными потоками в верхней мантии, подогреваемой снизу процессом зонной дифференциации земного вещества.

Катастрофическое событие выделения земного ядра в конце архея, как уже отмечалось, должно было сопровождаться возбуждением в мантийном поясе над зоной дифференциации земного вещества исключительно сильных конвективных течений, полностью перестроивших весь существовавший до этого тектонический план. Из геометрии описываемых движений ясно, что тогда должна была возникнуть одноячеистая конвективная структура с одним восходящим потоком над местом всплытия бывшей сердцевины Земли и одним нисходящим потоком над участком стока “ядерного” вещества к центру планеты. Поэтому есть все основания полагать, что именно над этим нисходящим мантийным потоком на рубеже архея и протерозоя, около 2,6 млрд лет назад, из обособленных прежде континентальных щитов и сформировался первый в истории Земли суперконтинент, названный нами Моногеей (Сорохтин, Ушаков, 1989, 1993). Возможность существования на рубеже архея и протерозоя единого суперконтинента по геологическим данным высказывалась В.Е. Хаиным и Н.А. Божко (1988), назвавшими этот гипотетический континент Пангеей 0.

Учитывая сказанное, представляется заманчивым связать описанную геодинамическую катастрофу с наиболее выдающейся кеноранской эпохой планетарного тектономагматического диастрофизма, завершившего архейский этап геологического развития Земли. Первопричиной таких радикальных геологических событий является катастрофический процесс образования земного ядра.

Плотность вещества первозданной земной сердцевины при нормальном давлении (около $3,9\text{--}4,0\text{ г/см}^3$) заметно превышала плотность прошедшего дифференциацию мантийного вещества (около $3,2\text{--}3,3\text{ г/см}^3$). Поэтому всплытие земной сердцевины в условиях вращающейся Земли скорее всего должно было происходить в экваториальной плоскости. При этом на стадии формирования ядра около 2,8 млрд лет назад, под влиянием избыточных давлений, действовавших со стороны формирующегося ядра на бывшую земную сердцевину, последняя должна была не только всплыть к поверхности Земли, но и высоко (на несколько километров) подняться над ее равновесной поверхностью (см. рис. 4.3, в). Поэтому есть все основания полагать, что возникший тогда же суперконтинент Моногея располагался на экваторе и в низких широтах, но в противоположном этому поднятию полушарии.

Помимо особенностей формирования Моногеи, как уже отмечалось, само положение континентов на поверхности вращающейся Земли заметно искажает симметрию ее момента инерции, заставляя тело Земли поворачиваться таким образом, чтобы центр тяжести континентов оказался на экваторе (Монин, 1988). Именно по этой причине и все последующие суперконтиненты должны были располагаться только в низких широтах с геометрическим центром на экваторе вращения. Для всех последующих суперконтинентов, по-видимому, так и было, во всяком случае никаких следов отложений ледниковых покровов на территориях Мегагеи, Мезогеи или Пангеи до сих пор не найдено (Чумаков, 1978). Однако в связи с прохладным климатом протерозоя (см. раздел

10.5) на территориях бывших суперконтинентов докембрия не исключается возможность существования отдельных высокогорных ледников, но их отложения должны носить локальный и разрозненный характер, тяготея преимущественно к горным поясам того времени. Вместе с тем, судя по распространенности на территориях этих палеоконтинентов красноцветных кор выветривания, явных признаков относительно теплого и влажного (экваториального) климата, можно заключить, что все последующие суперконтиненты также располагались вблизи экватора.

8.2. Формирование Моногеи в конце архея

Тот факт, что первое в истории Земли Гуронское почти глобальное оледенение охватило большинство щитов древних континентальных платформ и наблюдалось в раннем протерозое около 2,5–2,3 млрд лет назад, можно истолковать двояко. Во-первых, можно предположить, что суперконтинент Моногея изначально формировался на одном из географических полюсов Земли или же переместился в полярные зоны несколько позже, однако это предположение противоречит законам механики вращающихся тел (см. раздел 6.3). Вторым, альтернативным и более вероятным решением проблемы может быть предположение о резком похолодании климата в раннем протерозое при высоком гипсометрическом стоянии суперконтинента, вне зависимости от его широтного положения. При этом из механики устойчивого вращения Земли с асимметричным положением на ее поверхности континентов следует, что центр тяжести Моногеи должен был обязательно располагаться на экваторе (см. разделы 4.4 и 6.3). Как же в таком случае объяснить возникновение покровного оледенения на поверхности Моногеи, расположенной в экваториально-тропической зоне, даже с учетом в среднем прохладного климата раннего протерозоя? Единственным правдоподобным объяснением может служить только предположение о высокогорной природе оледенения. Косвенным подтверждением является широкое распространение в раннем протерозое конгломератов (типа формации Витватерсранд в Южной Африке), в изобилии отлагавшихся тогда на окраинах многих других древних кратонов.

По этому сценарию возникновение обширных оледенений раннего протерозоя могло происходить и на континентах, расположенных в низких широтах. Связано это с тем, что после жаркого климата в архее, приблизительно 2,4 млрд лет назад, произошло резкое похолодание и за короткое время (около 150 млн лет) средняя температура земной поверхности снизилась приблизительно с +50...+60 до +7...+8 °С (для сравнения: средняя поверхностная температура современной Земли +14,8 °С). Причины такого радикального изменения глобального климата Земли на рубеже архея и протерозоя косвенно также были связаны с процессом выделения земного ядра, но проявились они через особенности развития в это время океанов и атмосферы. Действительно, в архее существовал сильный парниковый эффект, связанный с возникновением плотной углекислотной атмосферы с давлением до 6 бар. В начале раннего протерозоя, после образования серпентинитового слоя океанической коры и развития активных реакций связывания CO₂ в карбонатах, земная атмосфера стала существенно азотной с давлением около 1 бара (см. раздел 10.5). Соответственно этому уменьшился парниковый эффект и резко снизилась средняя температура земной поверхности.

Таким образом, только сочетание высокого стояния континента с холодным климатом раннего протерозоя могло привести в то время к развитию на обширных просторах Моногеи высокогорного покровного оледенения даже на низких широтах.

Среднюю высоту стояния континентов над поверхностью Мирового океана можно определить по условию изостатического равновесия континентальных литосферных плит с учетом эволюционных изменений высоты стояния уровня океана (см. раздел 9.2), если удастся оценить мощность континентальной коры и подкоровой литосферы того времени. Средняя мощность континентальной коры в архее должна была быть не меньше средней мощности коры у современных архейских щитов, т.е. не меньше 40 км. С другой стороны,

теоретические оценки, учитывающие перегрев верхней мантии в архее и возможные тепловые потоки через континентальную кору, показывают, что мощность подкоровой литосферы в раннем архее менялась в пределах 15–23 км. В середине архея, во время снижения тектонической активности Земли, она увеличивалась до 46 км, но в позднем архее вновь снизилась до 7–8 км. Высота стояния континентальных щитов над уровнем океанов в течение почти всего архея была близкой к 6,5 км. Этим определяется и высокий базис эрозии практически всех архейских щитов.

В раннем протерозое в связи с остыванием верхней мантии и резким снижением глубинных тепловых потоков мощность подкоровой литосферы стала быстро увеличиваться (рис. 8.1). Судя по возрастам и глубинам образования алмазов (см. раздел 11.4), можно заключить, что во время формирования расплавов алмазоносных пород, около 2 млрд лет назад, толщина континентальной литосферы под архейскими щитами уже достигала 200 км. Это привело к постепенному снижению уровня стояния континентов того времени. Тем не менее средняя высота их поверхности в первой половине раннего протерозоя еще оставалась достаточно высокой – от 4,5 до 2,5–3 км. В дальнейшем толщина континентальных плит уже менялась мало, а все последующие изменения среднего уровня стояния континентов (по отношению к поверхности океанов) происходили только благодаря изменениям уровня самих океанов. Оценка средней высоты стояния над уровнем океана архейских и постархейских континентов приведена на рис. 10.17.

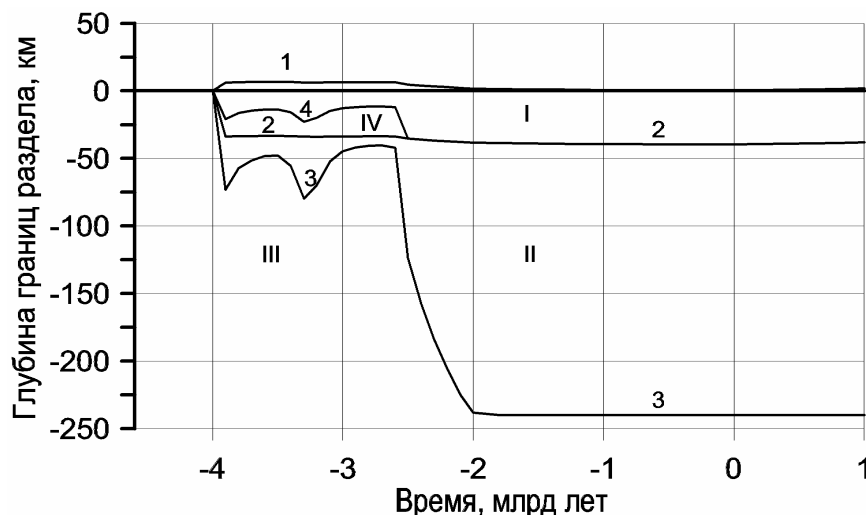


Рис.8.1. Эволюция строения континентальных плит: I – континентальная кора; II – континентальная литосфера; III – подлитосферная (горячая) мантия; IV – коровая астеносфера (нижняя кора); 1 – поверхность континентов; 2 – подошва континентальной коры (граница Мохоровичича); 3 – подошва континентальной литосферы; 4 – кровля коровой астеносферы

К сожалению, все палеомагнитные данные, относящиеся к докембрию и, в частности, к раннему протерозою, пока еще мало надежны, а их привязка к возрастным горизонтам оставляет желать много лучшего. Поэтому для реконструкции положения докембрийских суперконтинентов и в их пределах отдельных континентальных массивов и материков мы принципиально не пользовались палеомагнитными данными, считая, что они могли исказить такие реконструкции до неузнаваемости. Все же реконструкции мы строили только по геологическим и палеоклиматическим данным, совмещая друг с другом разновозрастные и однотипные геологические структуры, формации и климатические провинции. При этом использовались геологические данные, приводимые в специальной литературе по геологии раннего докембрия (Докембрий континентов, 1976, 1977; Кратц и др., 1981; Конди, 1983; Борукаев, 1985; Хаин, Божко, 1988).

В частности, для проведения реконструкции Монгеи мы воспользовались данными о распространении тиллитов и тиллоидов на раннепротерозойских континентах (Чумаков, 1978). При этом был использован критерий компактного расположения

известных местонахождений раннепротерозойских тиллитов с учетом возможной унаследованности расположения континентов на поверхности Земли в последующие геологические эпохи. В такой реконструкции “центр тяжести” географических положений выявленных тиллитов и тиллоидов приблизительно определяет собой и центр тяжести самого суперконтинента. Кроме того, учитывалось распространение и простираение поясов кеноранской и одновозрастной ей орогений (~2,6 млрд лет назад), а также то, что в раннем протерозое восточная часть Южной Америки (Бразильский кратон) еще составляла единое целое с Центральной и, возможно, Южной Африкой, но была отделена от западной части Южно-Американской (Амазонской) платформы. Кроме того, Западная Африка тогда скорее всего, еще примыкала к Гвианскому щиту Южной Америки. По-видимому, на рубеже архея и протерозоя и другие древние платформы были разбиты на части, а их фрагменты – архейские щиты – могли занимать тогда иное расположение, чем теперь. Однако сейчас нет достоверных геологических данных о возможных смещениях других щитов в конце архея. Поэтому на построенной нами реконструкции Моногеи (рис. 8.2) другие платформы условно показаны в современных конфигурациях с такими же, как и в настоящее время, взаимными расположениями входящих в них архейских щитов.

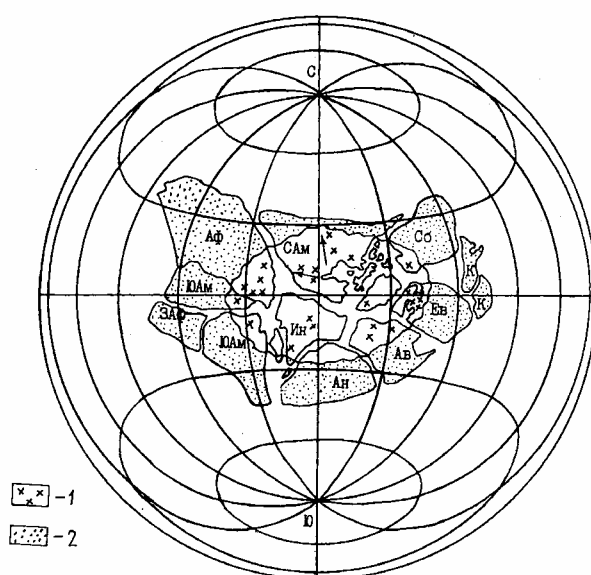


Рис. 8.2. Реконструкция Моногеи на время около 2,5–2,4 млрд лет назад в проекции Ламберта: 1 – тиллиты и тиллоиды; 2 – консолидированная континентальная кора; стрелками на Канадском щите показаны выявленные направления ледниковой штриховки; белым цветом – область покровного оледенения. Ав – Австралия; САМ и ЮАМ – Северная и Южная Америка; Ан – Антарктида; ЗАФ – Западная Африка; Аф – Африка; Ев – Европа; Ин – Индия; К – Северный и Южный Китай; Сб – Сибирь

8.3. Распад Моногеи и формирование Мегатеи в конце раннего протерозоя

Возникшее после сформирования земного ядра на рубеже архея и протерозоя асимметричное распределение плотности вещества в мантии (см. рис. 4.3, з) должно было привести к столь же сильной асимметрии действия процесса бародиффузионной дифференциации мантийного вещества на поверхности вновь образованного ядра. В связи с тем что первичное вещество было богато железом (около 13%) и его окислами (около 24%), наиболее интенсивная дифференциация тогда должна была протекать под “плотным” полушарием с образованием там мощных нисходящих конвективных потоков. В противоположность этому в “легком” полушарии под Моногеей должен был возникнуть столь же мощный восходящий конвективный поток, приведший в конце концов к расколу суперконтинента.

Первые импульсы растяжения, вероятно, проявились уже около 2,4 млрд лет назад, о чем говорит возраст Великой Дайки в Зимбабве. Но главная фаза дробления суперконтинента произошла несколько позже, около 2,3 млрд лет назад. После эпохи

архейского перегрева мантии континентальные литосферные плиты оставались еще сравнительно тонкими (не более 100–150 км) и менее прочными, чем плиты современных континентов, мощность которых вместе с земной корой под архейскими щитами достигает 250 км. Поэтому есть основания полагать, что на фоне еще сравнительно большой тектонической активности раннего протерозоя раскол Моногеи происходил на мелкие блоки – кратоны и в основном по старым швам, спаявшим в кеноранскую эпоху диастрофизма архейские щиты в единый суперконтинент. В результате в середине раннего протерозоя многие из щитов вновь обособились и стали дрейфовать в центробежных направлениях в стороны от бывшей Моногеи (рис. 8.3).



Рис. 8.3. Распад Моногеи около 2,2 млрд лет назад: Кз – Казахстан; ЮАф – Южная Африка; ЦАф – Центральная Африка; Кт – Китай, остальные обозначения см. рис. 8.2

Восстановить обособившиеся в раннем протерозое континентальные кратоны (осколки бывшей Моногеи) можно по распространению поясов Карельской (Сфекофеннской) и одновозрастной ей орогении, вновь спаявшей эти кратоны около 1,9–1,8 млрд лет назад в новый суперконтинент Мегагея. Для проведения описываемой здесь реконструкции мы воспользовались достаточно полным обобщением В.Е. Хаина и Н.А. Божко (1988) по докембрийской тектонике континентов, а также использовали дополнительные критерии определения краевых зон архейских щитов и протоплатформ в раннем протерозое. Например, мы учитывали, что кимберлитовые и родственные им расплавы формировались только над зонами поддвига плит карельского возраста (Сорохтин, Митрофанов, Сорохтин, 1996) и что наиболее крупные железорудные месторождения этого же возраста формировались скорее всего на пассивных окраинах континентальных блоков в зонах апвеллингов того времени.

По геологическим данным (Хайн, Божко, 1988), в пределах Северо-Американской платформы архейские кратоны Вайоминг, Черчилл, Каминак и Слейв с одной стороны и кратоны Сьюпириор и Северо-Атлантический (Южно-Гренландский) со второй и третьей сторон разделены Транс-Гудзонским и Лабрадорским орогеном с возрастом складчатости 1,9–1,8 млрд лет. С учетом этого Северо-Американская платформа на раннепротерозойской реконструкции (см. рис. 8.3) показана разбитой на три части: восточную, западную и Гренландию с провинциями Баффиновой Земли и Ньюфаундленда.

Аналогично этому Европейская платформа показана разбитой на три кратона: Кольско-Карельский, Центрально-Русский, включающий Юго-Западную Фенноскандию, Воронежский массив, Приднепровский и Приазовский блоки Украинского щита, и третий,

включающий Кировоградский и Белозерский блоки Украинского щита, фундаменты Белоруссии и Прибалтики.

Сибирская платформа условно показана разбитой на две части: Анабарский и Алданский щиты с прилегающими к ним территориями, хотя таких фрагментов Сибирской платформы могло быть и больше.

Австралия показана разбитой на три кратона: блоки Йилгарн и Пилбара с прилегающими территориями, а также группу блоков на севере континента (Пайн-Крик, Кимберли и др.).

Африка показана разбитой на четыре кратона: южный щит Калахари, протоплатформу Конго в Экваториальной Африке, Центрально-Африканскую протоплатформу, возможно объединяющую несколько самостоятельных щитов, и протоплатформу Западная Африка.

Южная Америка представлена разбитой на две протоплатформы: Гвианский щит с Амазонским кратоном и Восточно-Бразильский кратон, включающий ряд более мелких блоков с архейской корой в основании. При этом Восточно-Бразильский кратон показан еще объединенным с конголезским кратоном Южной Африки, поскольку явное разъединение этих блоков произошло сравнительно недавно – только в мезозое.

Таким образом, в середине раннего протерозоя архейская континентальная кора оказалась разбитой на множество отдельных мелких плит (см. рис. 8.3). По оценке В.Е. Хаина (2001), таких обособленных плит тогда могло быть более 30, поэтому ранний протерозой он предлагает даже характеризовать эрой малых плит. В связи с отмечавшейся выше резкой неоднородностью состава раннепротерозойской мантии нисходящий поток следующей, одноячеистой конвективной структуры, сформировавшейся около 1,9 млрд лет назад, должен был располагаться антиподно бывшему суперконтиненту Моногея. Учитывая это, реконструкция второго суперконтинента, Мегагеи, была построена путем перемещения континентальных блоков Моногеи на противоположную сторону Земли с последующим их центростремительным дрейфом до “слипания” в единый континентальный массив. При этом оказались соединенными воедино и все древние континентальные массивы, окруженные карельской и одновозрастной ей складчатостью, а также областями активизации и переработки архейской коры, происходившими около 1,9–1,8 млрд лет назад (рис. 8.4).

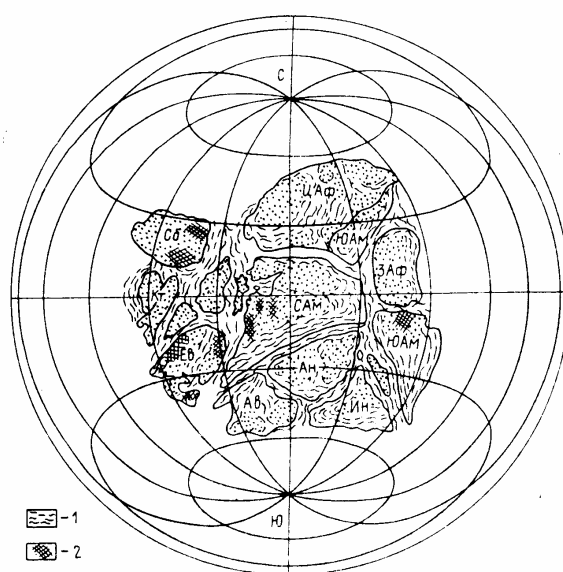


Рис. 8.4. Мегагея 1,8 млрд лет назад: 1 – складчатые пояса; 2 – красноцветы (остальные обозначения см. на рис. 8.2 и 8.3)

По поводу формирования в конце раннего протерозоя единого суперконтинента В.Е. Хаин и Н.А. Божко (1988) пишут: “К рубежу 1,7 млрд лет исчезли практически все протогеосинклинальные бассейны, сомкнулись все эократоны и должен был возникнуть единый массив континентальной коры – суперконтинент, который логично обозначить как Пангея I, в отличие от более поздней, вегенеровской Пангеи II”.

Рассматривая реконструкцию Мегагеи, нельзя не вспомнить, что впервые существование этого гипотетического древнего суперконтинента предположил Г. Штилле еще в 1944 г. Он же предложил и название Мегагея. В основе его предположения лежали наблюдения о большом сходстве геологического строения различных древних блоков, часто объединявшихся воедино одновозрастной складчатостью во время “альгонской революции”, в конце раннего протерозоя. В результате Г. Штилле пришел к правильному выводу “о необыкновенно мощном послеельонском континентальном массиве “Мегагея”, который включал не только древнейшие континенты последующего развития Земли, но также, по крайней мере в их основной части, и более поздние ортогеосинклинальные регионы, возникшие как древнейшие геосинклинали в пределах Мегагеи в результате регенерации всеземного масштаба, в то время как древнейшие континенты сохранились при этой регенерации и поэтому могут считаться остаточными глыбами Мегагеи” (Штилле, 1964, с. 383).

Г. Штилле не был мобилистом, поэтому происхождение Мегагеи он рассматривал с чисто фиксистских позиций, считая этот суперконтинент древним образованием земной коры, а разобщенность многих из современных материков – результатом последующей деструкции континентальной коры, а не дрейфом континентов.

Более современное геологическое обоснование существования Мегагеи, основанное на более точных и массовых определениях абсолютных возрастов геологических событий и на мобилистском подходе к проблеме, дано в работе В.Е. Хаина и Н.А. Божко (1988), в которой этот суперконтинент называется, правда, не Мегагея, а Пангея I.

В нашей работе, по сути, использован тот же мобилистский подход и те же геологические факты, почерпнутые в основном из монографии В.Е. Хаина и Н.А. Божко. Тем не менее приведенная здесь реконструкция Мегагеи (см. рис. 8.4) существенно отличается от реконструкции Пангеи I в работе этих авторов. Последнее обстоятельство, вероятно, говорит о том, что составляемые ныне реконструкции континентов для столь удаленных от нас геологических эпох все-таки еще далеки от однозначности. К сожалению, из-за малой надежности палеомагнитных определений по протерозойским породам использовать этот метод реконструкции в докембрийской истории дрейфа континентов пока не представляется возможным.

Одновременно с дрейфом континентов происходила переориентация осей момента инерции Земли, о чем уже говорилось выше. В результате вновь образованный суперконтинент должен был переместиться в низкие широты. Судя по обильному распространению в это время красноцветных кор выветривания (Анатольева, 1978), так оно и произошло в действительности (см. рис. 8.4). Этот факт говорит и о том, что к концу раннего протерозоя средний уровень стояния континентов опустился существенно ниже снеговой линии на экваторе (см. рис. 10.17). Кроме того, к этому времени мантия уже стала достаточно однородной, без крупных латеральных неоднородностей по плотности. Поэтому ориентация главных осей момента инерции Земли и положение ее тела по отношению к оси вращения уже определялись только расположением континентов и океанов на земной поверхности.

8.4. Распад Мегагеи и формирование Мезогеи в среднем рифее

Как и Моногея, Мегагея просуществовала недолго – не более 100–150 млн лет, так как уже около 1,7 млрд лет назад проявились первые признаки раскола раннепротерозойского суперконтинента. Например, на месте складчатых геосинклинальных структур Северо-Американских Кордильер в это время закладываются

первые рифтогенные образования и авлакогены. Однако наиболее ярко разломная тектоника и расколы континентов появились около 1,5–1,4 млрд лет назад. В это время почти на всех платформах возникают рифтогенные трюги и многочисленные авлакогены. По некоторым из окраинных рифтогенных структур около 1,5–1,4 млрд лет назад формируются огромные анорогенные вулканоплутонические пояса часто беспрецедентных масштабов, как это наблюдается вдоль восточного обрамления Северо-Американской платформы или западной окраины Русской платформы. В этих широких поясах протяженностью до нескольких тысяч километров в раннем рифее внедрились тысячи крупных (до 100 км в поперечнике) плутонов анортозитов, сиенитов, габбро, гранит-порфиоров, гранитов рапакиви и нормальных калиевых гранитов.

Столь уникальное и более никогда не повторявшееся явление раннего рифея, по-видимому, еще ждет объяснения. Однако уже сейчас можно высказать предположение, что все эти плутоны возникли за счет вторичного переплавления осадочных пород, накопившихся за 200–300 млн лет на пассивных окраинах континентов – фрагментах расколовшейся около 1,7–1,6 млрд лет назад Мегагеи. Не исключено, что вовлечению в переплавление столь гигантских масс шельфовых осадков (мощностью до 12–15 км) способствовало высокое исходное содержание в них окислов железа: ведь конец раннего протерозоя и начало раннего рифея были эпохами массового отложения на континентальных шельфах железорудных формаций. Если же плотность таких осадков превышала плотность мантийного вещества (около $3,3 \text{ г/см}^3$), что возможно, поскольку плотность джеспилитов превышает 4 г/см^3 , то в момент рифтогенеза такие осадки могли сами “проваливаться” в горячую мантию. После переплавления осадков и ликвации расплавов железо погружалось в мантию, а легкие силикатные магмы всплывали к дневной поверхности и там кристаллизовались на небольших глубинах в виде гранитоидных или щелочных плутонов (см. гл. 11).

По этой причине анорогенные вулканоплутонические пояса при реконструкциях воспринимались нами как комплексы – индикаторы пассивных окраин континентов. Кроме того, при реконструкции распада Мегагеи ее расчленение на отдельные континенты производилось по коллизионным швам гренвильской орогении, возникшей на следующем этапе консолидации третьего по счету суперконтинента – Мезогеи или Родинии, как принято ее называть на Западе. Предполагалось также, что распавшиеся фрагменты Мегагеи центробежно дрейфовали в разные стороны от центра тяжести бывшего суперконтинента. Построенная таким путем реконструкция материков – фрагментов распавшейся Мегагеи на время около 1,4 млрд лет назад приведена на рис. 8.5.

При реконструкции следующего суперконтинента Мезогеи мы исходили из предположения, что вновь возникший нисходящий поток одноячейстой конвективной структуры, как и в случае формирования Мегагеи, возник в противоположном полушарии Земли. Это теоретическое предположение учитывалось при комбинации континентов в единую структуру нового суперконтинента. Кроме того, принималась во внимание унаследованность движений континентов и палеоклиматические данные о распространении красноцветных кор выветривания в среднем рифее (Анатолева, 1978). Также учитывалось и то обстоятельство, что в дальнейшем, около 800 млн лет назад, наблюдались одновременные оледенения в Южной и Центральной Африке, на Бразильском кратоне Южной Америки и в Восточной Австралии. По этой причине на реконструкции Мезогеи Австралия показана в позиции сближения с Южной Африкой.

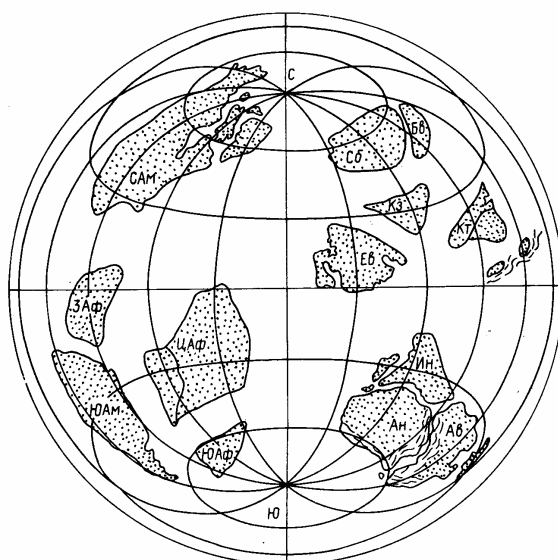


Рис.8.5. Распад Мегатеи около 1,4 млрд лет назад: Бв – Байкало-Витимский блок, остальные обозначения см. на рис. 8,2 и 8.3

Палеомагнитные определения широт для среднего рифея остаются еще очень ненадежными, поэтому ими для реконструкции Мезогей мы не пользовались. Однако палеомагнитные склонения как вспомогательную информацию, по-видимому, можно использовать. Для этого мы сняли направления на полюсы для каждого из субконтинентов на время 1 млрд лет назад с реконструкций, построенных только по палеомагнитным данным Л.П. Зоненшайном и др. (Монин и др., 1986) и Дж. Пайпером (1983). На нашей реконструкции (рис. 8.6) эти направления показаны стрелками.

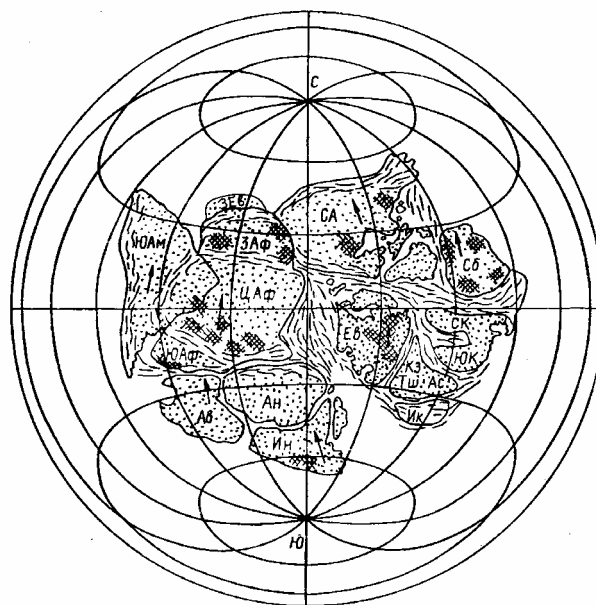


Рис. 8.6. Реконструкция суперконтинента Мезогей для эпохи около 1 млрд лет назад. Стрелками показаны палеомагнитные склонения, взятые из работы (Монин и др., 1986); Ас – Алтае-Саянский блок; Ик – Индокитай; Тш – Тяньшанский блок; СК и ЮК – Северный и Южный Китай; ЗЕв – Западная Европа, о остальные обозначения см. на рис. 8.2, 8.3 и 8.5

Отличительной чертой среднего рифея было резкое ослабление характерных для предыдущей эпохи рифтогенных процессов и, наоборот, столь же резкое возрастание орогенных. Диастрофизм гренвильской эпохи в среднем рифее около 1 млрд лет назад

проявился по периферии практически всех раннепротерозойских платформ. В качестве одного из главных критериев построения реконструкции Мезогеи использовались складчатые пояса гренвильской орогении. При этом мы старались совмещать друг с другом однотипные подвижные пояса гренвильского возраста, проявившиеся на окраинах смежных материков. Так, на востоке Северной Америки в это время возник Гренвильский подвижный пояс, представляющий собой вероятнее всего зону коллизии с Северной Европой. По этому поводу В.Е. Хаин и Н.А. Божко (1988) отмечают, что около 1 млрд лет назад Гренвильский подвижный пояс объединил в единую континентальную плиту Северную Америку, Гренландию, Ирландию, Северную Великобританию, Скандинавию и Северо-Западную Францию. Добавим от себя, что через эти области к Северной Америке оказались причлененными Балтийский щит и Русская платформа. Однако Северо-Западная Европа с Армориканским массивом еще была отделена от остальной Европы и скорее всего примыкала к Западной Африке.

К среднему рифею относится заложение структур Тимана, а на Южном Урале – Максютковского метаморфического комплекса субдукционного происхождения. Гренвильский тектогенез, проявившийся в Казахстане и фундаменте Западно-Сибирской платформы, через складчатую систему Енисейского кряжа фактически объединил Русскую и Сибирскую платформы. Орогенезом гренвильского возраста были охвачены территории Казахстанско-Тяньшанской, Алтае-Саянской и Байкало-Витимской складчатых областей, а также Северная Монголия. В конце среднего рифея испытали интенсивную складчатость осадочные толщи в рифтогенных трогах и обрамлении Китайской платформы, а на месте Южно-Китайского кратона к тому же существовали обстановки островных дуг и окраинных морей.

Как видно из приведенного краткого перечня географии распространения коллизионных складчатых поясов, спаявших между собой смежные платформы, в среднем рифее около 1 млрд лет назад все северные материки оказались объединенными в единый суперконтинент Лавразия, хотя его конфигурация еще отличалась от классической вегенеровской Лавразии, вошедшей позже в состав Пангеи. Такое отличие было связано с вероятным расположением в то время Китайской платформы между Сибирской и Казахстанской плитами, о чем, в частности, говорят одновозрастные покровные оледенения Европы, Казахстана и Китайской платформы около 650 млн лет назад (Чумаков, 1978, 1992).

Южные материки около 1 млрд лет назад также оказались объединенными во второй суперконтинент – Гондвану. Так, в это время Амазонская плита по субмеридиональной складчатой системе Араша–Эстронду причленилась к Бразильской платформе и через нее – к Центральной Африке. Одновременно Южная Африка складчатыми сооружениями Кибарид спаялась с Центрально-Африканской платформой. К ней же причленилась и Западная Африка по меридиональной складчатой зоне Центрального Хоггара. Восточная Гондвана, включая Австралию, Антарктиду и Индию, оказалась причлененной к восточной окраине Африканского мегащита продолжением Кибарской складчатости в заложившемся к этому времени Мозамбикском подвижном поясе и складчатой системе Сомалийского рога и Аравийского полуострова. В Антарктиде этому поясу отвечает зона тектоно-термальной переработки фундамента в области Трансантарктических гор Восточной Антарктиды.

Оба среднерифейских суперконтинента скорее всего были объединены в единый и более крупный суперконтинент Мезогея. Об этом говорит интенсивная складчатость и магматическая активность в Аравийско-Нубийской области Гондваны и в складчатом поясе дальсландской орогении Южно-Европейского обрамления Лавразии. Со стороны Европы к реликтам этой ветви Гренвильского пояса относятся основание Паннонской впадины, центральная часть Родопского и, возможно, Сербско-Македонского массивов. Продолжение рассматриваемого пояса прослеживается, вероятно, вплоть до Крыма.

Результат выполненной реконструкции, основанный на учете всех из отмеченных критериев построения, изображен на рис. 8.6.

Как видно из проведенных построений, суперконтинент Мезогей оказался достаточно компактным образованием, несколько напоминающим по своей конфигурации палеозойскую Пангею, изображенную на рис. 8.10. Исключения составляют лишь ориентация Восточной Гондваны, оказавшейся повернутой на 90° по сравнению с ее положением на реконструкции вегенеровской Пангеи, и положение Китайской платформы, на нашей реконструкции находящейся еще между Сибирской и Казахстанской плитами.

8.5. Распад Мезогей в позднем рифее и формирование Пангеи в конце палеозоя

Как и предыдущие суперконтиненты, Мезогей просуществовала недолго (не более 100–150 млн лет), и уже где-то около 900 млн лет назад начался ее распад на две части: северную – Лавразию и южную – Гондвану. Приблизительно 850 млн лет назад между ними возник широкий океанический бассейн – Прототетис. Около 800–750 млн лет назад Лавразия переместилась в северную приполярную область, а Гондвана – к Южному полюсу, о чем свидетельствуют многочисленные находки тиллитов и тиллоидов позднего рифея на этих двух суперконтинентах (Чумаков, 1978).

Установлению в конце рифея и в венде холодного климата Лавразии и Гондваны явно способствовало не только расположение материковых массивов в приполярных областях Земли, но и возникновение в это время широкого кольцевого океанического бассейна в низких широтах, благоприятного для установления в нем единого и мощного экваториального пассатного течения со слабыми ветвями противопассатных течений в умеренных широтах. В результате система “водяного отопления” материковых секторов Земли в конце рифея оказалась резко ослабленной, что и способствовало возникновению во второй половине позднего рифея Африкано-Австралийского оледенения Гондваны и Канадского оледенения в Лавразии, а также обширного Лапландского оледенения Европы, Казахстана и Китая в терминальном рифее или венде (рис. 8.7 и 8.8).

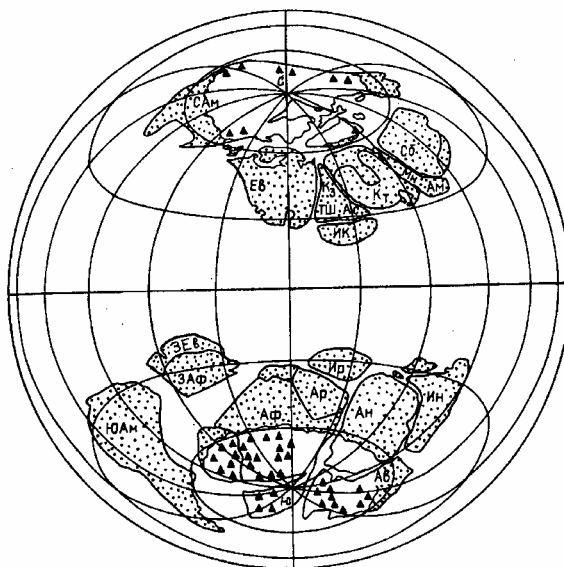


Рис. 8.7. Распад Мезогей на Лавразию и Гондвану около 800–750 млн лет назад (маленькими треугольниками отмечены местонахождения тиллитов и тиллоидов, по Н.М. Чумакову, 1978): Мн – Монгольская плита; Ам – Амурская плита; Ир – Иранская плита, остальные обозначения см. на рис. 8.2–8.6

В позднем рифее и венде, как и в раннем рифее, отмирает большинство бывших орогенных подвижных поясов Мезогей среднерифейского возраста и на их месте часто возникают рифтогенные структуры. На континентальных платформах в это время

возникает сеть авлакогенов, обычно наследовавших древние шовные зоны свекофеннского (карельского) возраста, а вдоль более молодых шовных зон складчатых поясов гренвильского возраста тогда зарождались новые океанические бассейны. Так, на месте Гренвильского подвижного пояса, в среднем рифее спаявшего восточное побережье Северной Америки и Гренландии с Европейской платформой, около 800 млн лет назад зародился новый Протоатлантический океан, получивший название океан Япетус.

В то же время Западную Гондвану рассекли узкие океанические трюги Западно-Африканского и Бразильского субокеанов (Красноморского типа) с Катангским заливом, а между Западной и Восточной Гондваной возник быстро расширяющийся Африкано-Австралийский океанический бассейн, благодаря развитию которого, по-видимому, и происходило перестраивание общего структурного плана Гондваны (см. рис. 8.8). Геологическое строение современных восточных краев Африки и Австралии, а также Трансантарктических гор в Антарктиде не противоречит гипотезе существования между этими континентами в позднем рифее океанического бассейна. Действительно, и Мозамбикский пояс в Африке, и геосинклиналь Аделаиды в Австралии, и Трансантарктические горы в Антарктиде в то время представляли собой пассивные континентальные окраины.

Отметим, что очень жестким условием для построения реконструкций Гондваны в позднем рифее, а следовательно, и для более ранних геологических эпох являются фактические данные о распространении следов покровных оледенений (тиллитов и тиллоидов) на южных материках в позднем докембрии. Согласно данным, приведенным и систематизированным Н.М. Чумаковым (1978), около 750 млн лет назад практически одновременно существовали ледниковые покровы в Южной и Центральной Африке, в Австралии и на востоке Южной Америки. Поэтому при построении реконструкций расположения южных континентов в позднем рифее мы обязаны все охваченные оледенениями континенты всегда располагать компактно возле южного географического полюса. При этом необходимо помнить, что геологические формации – индикаторы ледниковых периодов намного надежнее палеомагнитных данных по докембрию. Поэтому на наших реконструкциях средне- и позднерифейской Гондваны сочленение восточного и западного фрагментов суперконтинента показано не традиционным образом, а по линии прилегания к Африке материков Австралия и Антарктида (см. рис. 8.6 и 8.7). То же относится и к расположениям северных континентов на рифейских реконструкциях Лавразии. На наших реконструкциях позднего докембрия Китайская платформа помещается не на юге Лавразии, а на территории, примыкающей к Северной Европе (см. рис. 8.8).



Рис. 8.8. Распад Лавразии и Гондваны около 650 млн лет назад: Ар – Аравийская плита, остальные обозначения см. на рис. 8.2–8.7

В некоторых случаях палеоклиматические данные помогают оценивать также и ширину межконтинентальных океанических бассейнов. Так, можно определить, что в позднем рифее циркумэкваториальный Прототетис по ширине достигал приблизительно 6–10 тыс. км (см. рис. 8.7). Аналогично этому можно оценить, что в венде ширина палеоокеана Япетус по меньшей мере составляла 2000 км, тогда как ширина Палеоуральского океана была еще незначительной (см. рис. 8.8).

Складчатые деформации во второй половине позднего рифея происходили в ограниченных регионах обоих суперконтинентов. Так, в Лавразии орогенические движения сохранились только в примыкающих к Китайской платформе частях Индокитая и в массиве Енисейского кряжа. В Гондване подвижные складчатые пояса продолжали формироваться лишь на востоке Аравийского кратона и в примыкающих к нему частях Антарктической платформы со стороны современного моря Уэдделла.

В венде практически все континенты и кратоны Лавразии продолжали находиться в условиях развития рифтогенных структур, по их периферии устанавливались режимы пассивных континентальных окраин. Лишь в Тимано-Печорском подвижном поясе в конце венда развивались складчатые дислокации и надвиговые образования. В общем же континентальные массивы Лавразии в венде, как и в позднем рифее, продолжали свой центробежный дрейф.

В противоположность этому в терминальном рифее (венде) Гондвана уже переместилась в область существования нисходящего конвективного потока в мантии, что предопределило полную смену тектонического режима развития этого суперконтинента. В результате Южную Америку и Африку охватил процесс интенсивного сжатия с закрытием всех существовавших ранее узких океанических трогов, на месте которых теперь возникли интеркратонные складчатые структуры Панафриканской орогении. В это же время Восточная Гондвана вновь причленяется к Западной вдоль Мозамбикского пояса на восточной окраине Африки. Этим, в частности, объясняется происхождение интенсивных орогенических движений, охвативших в конце венда (приблизительно 630–600 млн лет назад) весь Мозамбикский пояс. Однако окончательная консолидация Гондваны, по-видимому, произошла несколько позже – только в кембрии и ордовике, после завершения последней фазы активизации этого пояса около 550–450 млн лет назад. На этот раз конфигурация южного суперконтинента становится такой же, как и на привычных нам реконструкциях вегенеровской Пангеи (см. рис. 8.9 и 8.10).

Расположение единого суперконтинента в приполярной зоне, как мы видели выше, вызывает резкую неустойчивость вращающейся Земли, в результате чего ее тело стремится повернуться так, чтобы центр тяжести такого континентального массива, в конце концов оказался на экваторе, так как только в этом случае главная ось наибольшего значения момента инерции планеты совпадает с осью ее вращения. Однако при несимметричном расположении двух приблизительно равновеликих суперконтинентов вблизи полюсов может возникнуть квазиустойчивая ситуация, когда общий центр масс этих континентальных массивов лежит в экваториальной плоскости вращающейся Земли, но с осью вращения Земли совпадает третья главная ось момента инерции с минимальным значением момента инерции планеты. В этом случае, согласно законам механики, вращение Земли сохраняется устойчивым. Такая же ситуация наблюдается у современной Земли: большая ось ее главного момента инерции проходит где-то в центре Тихого океана к югу от экватора, а малая – в Северном Полярном бассейне вблизи географического полюса. С учетом сказанного, на рис. 8.7 и 8.8 изображены варианты реконструкций, удовлетворяющие именно этому условию.

Возникновением такой квазиустойчивой ситуации в позднем рифее и венде, по-видимому, можно объяснить сравнительно долгое (около 200 млн лет) пребывание значительных континентальных масс в приполярных областях Земли без заметного поворота ее тела в положение, при котором оба суперконтинента, Лавразия и Гондвана,

оказались бы на экваторе. Если бы эти суперконтиненты располагались в приполярных областях более симметрично по отношению к географическим полюсам, то такой поворот Земли и перемещение обоих суперконтинентов на экватор при средней вязкости мантии около 10^{23} П произошел бы за время менее чем 150 млн лет.

Тем не менее существовавший в позднем рифее и венде дрейф континентов постоянно изменял ориентацию осей главного момента инерции Земли, в связи с чем должны были происходить адекватные этому повороты ее тела по отношению к географическим полюсам. Не исключено, что такими “дрейфогенными” поворотами Земли относительно оси вращения в сочетании с дрейфом континентов и следует объяснять частые смены ледниковых и теплых климатов, происходивших в позднем рифее и венде на одних и тех же материках (Чумаков, 1992). В частности, на рубеже венда и кембрия при окончательном формировании палеозойской Гондваны около 550 млн лет назад благодаря общему повороту Земли приблизительно на 90° Западная Африка оказалась на Южном полюсе, а Северная Америка, Европа и Австралия переместились на экватор (рис. 8.9).

К этому времени, вероятно, и блок Западной Европы уже отделился от Западной Африки и стал дрейфовать к Европейской платформе, с которой он и соединился в палеозое по Реногерцинской шовной зоне. В результате большинство континентов в кембрии расположилось на низких широтах, что и предопределило возникновение столь характерного для этого периода теплого климата Земли (покровные оледенения тогда развивались только на ограниченной территории Западной Африки). Следующий аналогичный и быстрый поворот Земли тоже приблизительно на 90° вокруг оси, перпендикулярной к оси ее вращения, согласно расчетам А.С. Мони́на и В.П. Кеонджяна, произошел в раннем палеозое при формировании вегенеровской Пангеи (Геодинамика, 1979). Этим явлением, по-видимому, можно объяснить быстрое (со скоростью около 5 см/год) кажущееся перемещение полюса по континентам Гондваны от Западной Африки в позднем ордовике до Антарктиды в ранней перми.



Рис. 8.9. Распад Мезогеи, ситуация на время около 550 млн лет назад (условные обозначения см. на рис. 8.2–8.7)

Палеомагнитные данные для фанерозоя, особенно для второй половины, становятся значительно надежнее. Поэтому конфигурацию последнего суперконтинента, Пангеи, существование которого предсказывалось А. Вегенером (1925) еще в 1912 г., обычно определяют по геоморфологическим чертам строения прибрежных зон смежных континентов и палеомагнитным данным. Одна из наиболее совершенных реконструкций,

составленная А. Смитом и Дж. Брайденом (Smith, Briden, 1977), воспроизведена на рис. 8.10.

Как и у предыдущих суперконтинентов, центр тяжести Пангеи также располагался в низких широтах, хотя разросшиеся к этому времени по площади континенты растянулись широкой полосой почти от одного полюса до другого. Если верить этой реконструкции, то оказывалось, что возникшая в конце палеозоя Пангея также находилась в квазиустойчивом состоянии по отношению к оси вращения Земли, при котором с осью вращения совпадала третья, малая ось главного момента инерции планеты. При такой конфигурации Пангея могла бы сохранять свою ориентацию по отношению к оси вращения Земли сколь угодно долго, если бы около 200 млн лет назад не начался ее распад и новый период центробежного дрейфа континентов.



Рис. 8.10. Пангея А. Вегенера около 200 млн лет назад, по работе (Smith, Brieden, 1977)

Более подробно и количественно влияние дрейфа континентов на положение Земли в фанерозое рассматривали А.С. Монин и В.П. Кеонджян в монографии «Геодинамика» (1979). Напомним, что с осью вращения современной Земли, совпадает малая ось ее главного момента инерции. Тем не менее, наша планета продолжает устойчивое вращение без тенденции к значительному кажущемуся дрейфу полюсов.

8.6. История дрейфа континентов в мезозое и кайнозое, прогноз на будущее

История раскола Пангеи и последующего центробежного дрейфа входивших в нее континентов в мезозое и кайнозое вплоть до современного их положения на земном шаре изучена достаточно полно (Зоненшайн и др., 1976, 1977; Smith, Briden, 1977; и др.). Поэтому приведем лишь одну реконструкцию для промежуточной эпохи (около 60 млн лет назад), изображенную на рис. 8.11, и для сравнения современное расположение континентов в той же проекции Ламберта (рис. 8.12).

Рассматривая рис. 8.10, 8.11 и 8.12, можно видеть, как постепенно раскрывался Атлантический океан и закрывался океан Тетис, на месте которого в конце кайнозоя возник грандиозный Альпийско-Гималайский горный пояс. Из этих рисунков видно, как Африка и Аравия дрейфовали к северу, постепенно закрывая западную часть океана Тетис. К настоящему времени от этого древнего и обширного океана остались лишь небольшие реликты – восточная часть Средиземноморской впадины, Черное море и южная котловина Каспийского моря. Образование Альпийских и Кавказских гор во многом связано со столкновением Африкано-Аравийской плиты с островными дугами, обрамлявшими с юга Западно-Европейскую и Русскую платформы. Другой и, по-

видимому, наиболее яркий пример формирования высочайших горных систем планеты – стремительный дрейф Индии из Южного полушария в Северное. Индия оторвалась от Антарктиды около 100 млн лет назад, а 30 млн лет назад она столкнулась с южной окраиной Азиатского континента, преодолев со скоростью, превышающей 9 см/год, за 70 млн лет путь длиной более 6,5 тыс. км. Столкновение Индии с Азиатским континентом и продолжающееся до наших дней ее продвижение к северу привело к образованию горных поясов Гиндукуша, Памира и Гималаев, а также высокогорного плато Тибета. На рис. 8.11 видна промежуточная стадия образования Индийского океана с субконтинентом Индия по середине и уже обособившимся Мадагаскаром, но Австралия еще соединена с Антарктидой (их разрыв произошел несколько позже – около 50–40 млн лет назад).

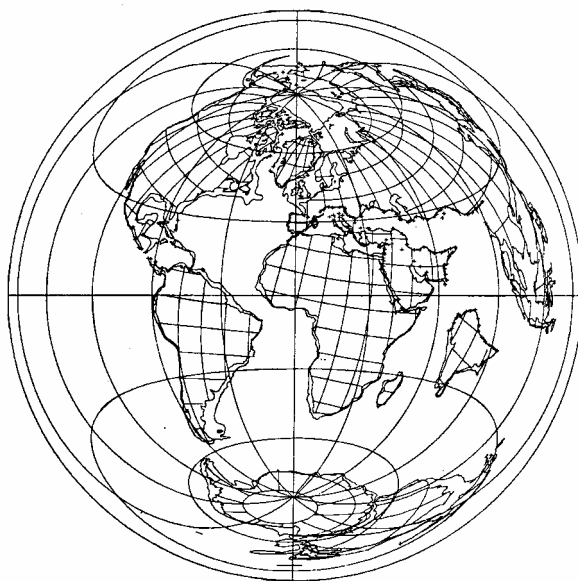


Рис. 8.11. Распад Пангеи (около 60 млн лет назад), по работе (Smith, Brieden, 1977)

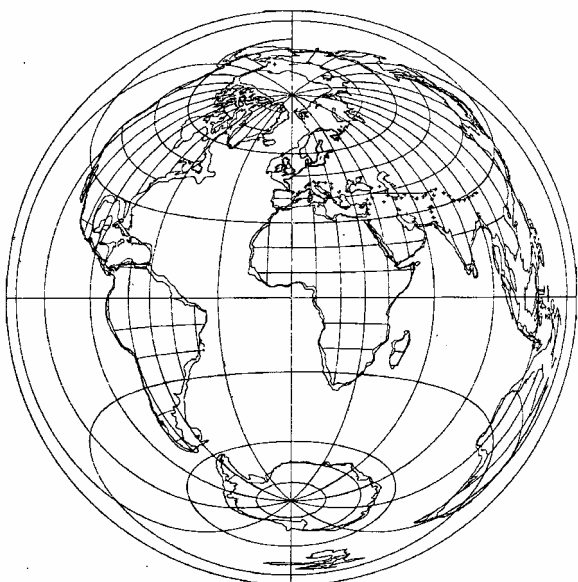


Рис. 8.12. Положение континентов и океанов на поверхности современной Земли в проекции Ламберта, по работе (Smith, Brieden, 1977)

Из реконструкций, приведенных на рис. 8.6–8.12, видно, что природа океанов Атлантического и Тихоокеанского типа совершенно различны. Действительно, океаны Атлантического типа формируются благодаря расколам континентов и по сути своей являются межконтинентальными. Возраст их жизни от момента образования до полного

закрытия по циклу Вильсона (см. рис. 7.16) несколько меньший, чем продолжительность мегациклов образования суперконтинентов (около 800 млн лет), и, по-видимому, не превышает 600 млн лет. Нашему времени соответствует первая половина этого цикла, поэтому и возрасты молодых океанов сейчас не превышают 150 млн лет.

Иная ситуация наблюдается с Тихоокеанским сегментом Земли: Тихий океан является остатком того древнего единого Палеоокеана, который начал формироваться после возникновения центростремительного дрейфа осколков Мегагеи около 1,5 млрд лет назад, но окончательно сформировался только при образовании Мезогеи около 1 млрд лет назад (см. рис. 8.5–8.12). Древности Тихого океана вовсе не противоречит относительная молодость его дна, поскольку оно формируется благодаря действию конвейерного механизма, а более древние участки океанского дна уже давно погрузились в мантию.

Отмеченные принципиальные отличия тектонического строения и возрастов Атлантического и Тихого океанов полностью подтверждаются геологическими данными (Пушаровский, 2001).

Очевидно, можно не только делать реконструкции положения континентов на поверхности Земли для прошлых геологических эпох, но и экстраполировать их современный дрейф на будущее. Одно из таких построений, рассчитанное на 50 млн лет вперед (рис. 8.13), выполнили еще в начале 70-х годов XX в. Р. Дитц и Дж. Холден (1974). Как видно из этой реконструкции, через 50 млн лет Атлантический и Индийский океаны станут существенно шире. Соответственно сократится площадь Тихого океана. Северная и Южная Америки сместятся к западу, Африка – к северо-востоку, Европа, Азия и Индия – к востоку, Австралия – к северу и достигнет экватора, тогда как Антарктида почти не изменит своего положения по отношению к Южному полюсу.

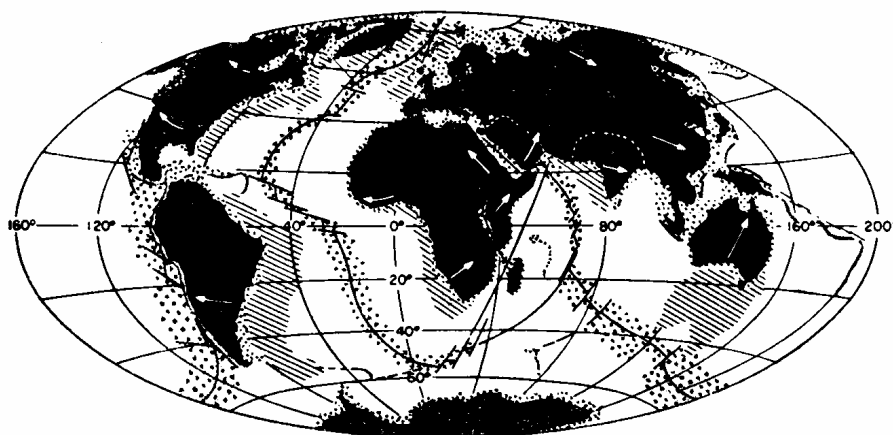


Рис. 8.13. Прогноз положения континентов на 50 млн лет вперед, по Р. Дитцу и Дж. Холдену (1974): косой штриховкой показано современное положение континентов, черной заливкой их положение через 50 млн лет; редким крапом показано наращивание новой океанической коры; частым и мелким крапом – шельфовые области