

СТИЛЬ ОРОГЕНЕЗА, УРОВЕНЬ МОРЯ, ИЗОТОПЫ СТРОНЦИЯ И КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ЗЕМЛИ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 600 МЛН ЛЕТ

А.М.Дж. Шенгёр

*Стамбульский технический университет, Горный факультет,
Отделение геологии и Евразийский институт наук о Земле, 37469, Стамбул, Аязза, Турция*

Орогенез турецкого типа представляет собой разновидность орогении, в процессе которой происходил рост и окончательная расстановка очень крупных субдукционно-аккреционных призм. Этот процесс обычно (но не обязательно) сопровождался существенным наращиванием коры, что приводило к повышению уровня моря, низкому отношению $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в морской воде и потеплению климата, без ледовых шапок на полюсах в период субдукционной фазы роста коры. Когда происходило столкновение плит, рост субдукционно-аккреционных призм прекращался и, как следствие, уровень моря понижался, отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в морской воде возрастало, и климат резко ухудшался, сопровождаясь оледенениями. Состояния мира „теплица/холодильник“ соответствуют фазам субдукционного роста и коллизионного разрушения аккреционных комплексов турецкого типа. В истории Земли всегда отмечалось наличие нескольких орогенных систем турецкого типа; они растут медленно под воздействием субдукции в течение больших интервалов времени, тогда как их коллизионное разрушение происходит гораздо быстрее. Если представленная в данной статье модель справедлива, то очевидно, что рельеф Земли в большой степени испытывал влияние орогенеза турецкого типа, по крайней мере, в течение фанерозоя. По всей видимости, это верно и для более позднего протерозоя, хотя данные для этого периода недостаточно точны, чтобы делать столь же уверенные выводы, как в случае фанерозоя.

Орогенез, колебания уровня моря, изменение климата, фанерозой.

OROGENIC STYLE, SEA LEVEL, Sr ISOTOPES, AND BRIEF EARTH'S HISTORY OF THE LAST 600 MILLION YEARS

A.M.C. Sengör

Turkic-type orogeny, a kind of collisional orogeny involving the growth and eventual apposition of very large subduction-accretion prisms, commonly (but not necessarily) with significant net crustal growth, leads to rising sea level, low $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio in sea water, and an equable, generally ice-cap free “greenhouse” world climate during its subductive growth phase. When its growth is arrested by collision, it leads to sinking sea level, high $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratio in sea water, and a harsh “icehouse” world climate commonly with recurrent ice ages. Greenhouse/icehouse worlds thus generally correspond to the subductive growth and collisional destruction phases of Turkic-type accretionary complexes. At any time in the Earth's history, there have been few Turkic-type orogenic systems on the Earth; their subductive growth has been slow and spans long time intervals; by contrast, their collisional destruction has been much swifter. If the model presented in this paper is correct, much of the Earth's physical geography may have been influenced by Turkic-type orogeny at least during the Phanerozoic. This seems to hold true also for the later Proterozoic, although data precision does not allow as good inferences as one can draw for the Phanerozoic world.

Orogeny, sea level fluctuations, climatic variations, Phanerozoic

ВВЕДЕНИЕ

Цель этой статьи — описать влияние орогенеза турецкого типа [1, 2] на уровень моря и связанные с ним явления, которые глубоко воздействуют на рельеф нашей планеты, и проследить историю этого воздействия на протяжении фанерозоя. Оказывается, что такие значительные физико-географические изменения на поверхности Земли, как трансгрессии и регрессии, изменения климата и оледенения зависят от степени и продолжительности орогенеза турецкого типа во время фанерозоя и, возможно, докембрия, насколько можно судить по имеющимся данным.

Орогенез турецкого типа определяется как тип коллизионного горообразования, связанного с ростом и стыковкой очень крупных субдукционно-аккреционных призм, обычно (но не обязательно) сопровождающихся значительным наращиванием коры. Этот тип орогенеза был назван турецким, поскольку его наиболее яркий пример — алтаиды [2—10] — находится в Азии, где преобладают тюркские народы. Некоторые авторы называют эти орогены аккреционными, но это тавтология, поскольку все орогены являются аккреционными в той или иной степени.

На рис. 1 показан разрез через Центральные Анды, где в Восточных Кордильерах и примыкающих горных цепях наблюдается аккреция эпикратонных осадочных пород к орогену в виде ярко выраженной складки и надвигового пояса, которые очень похожи на аккреционные призмы, обращенные лицом к

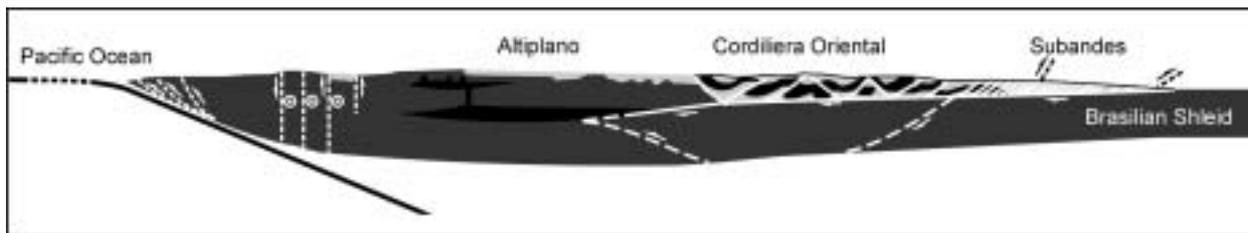


Рис. 1. Схема поперечного сечения Центральных Анд, показывающая, что здесь произошла структурная, и магматическая аккреция, по [11], хотя этот „аккреционный ороген“ и не относится к турецкому типу, поскольку даже отдаленно не напоминает азиатские алтаиды, для которых и введено название „турецкий тип“.

океаническим желобам. Судя по геофизическим наблюдениям под мысом Альтиплано, здесь произошла аккреция магматических тел. Небольшая аккреционная призма обнаружена и в Перу-Чилийском желобе [11]. Несмотря на все эти структуры аккреционного типа, Центральные Анды имеют мало общего с тем, что мы называем орогенами турецкого типа. Поэтому в своих работах я избегаю термина „аккреционный ороген“.

ОРОГЕНЕЗ ТУРЕЦКОГО ТИПА И ГЛОБАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ МОРЯ

С тем, что глобальный уровень моря не всегда был таким, как сейчас, соглашались даже авторы различных мифов о потопе на заре существования человечества [12], но Эдуард Зюсс был первым, кто продемонстрировал, что уровень моря относительно суши изменяется независимо от вертикальных движений самих континентов относительно центра Земли [13, 14]. Нестабильность глобального уровня моря порождается как внутренними, так и внешними причинами, изменяя его в различных масштабах от тысяч до миллионов лет [15]. Даже в пределах последних периодов развития человечества (за последнюю тысячу лет) менялся не только уровень моря, но и скорость этого изменения, вызванного глобальным потеплением.

Например, на протяжении большей части XX в. уровень моря поднимался со скоростью 1,8 мм/год, а в 90-е годы скорость подъема достигла 3 мм/год. Больше половины этого подъема было обеспечено водами континентального стока (д-р Анни Казенаве, устное сообщение, 2004).

Факторы, воздействующие на уровень Мирового океана, можно также объединить в две группы не только по признаку внешние—внутренние или быстрые—медленные, но и как 1) факторы, изменяющие емкость морских бассейнов (фактор контейнера — *А.Ш.*) и 2) факторы, изменяющие объем воды в морских бассейнах (фактор содержимого — *А.Ш.*).

Из контейнерных факторов наиболее важным считается тип орогенеза, причем предполагается, что континентальная коллизия увеличивает емкость океанического дна не только путем уменьшения площади континентальной литосферы, но и посредством устранения зон субдукции, что замедляет движение глобальных плит и, следовательно, уменьшает объем срединно-океанических хребтов. И, напротив, рифтообразование считается ответственным за уменьшение емкости океанических бассейнов, поскольку, утоняя континентальную литосферу, растягивает ее на большую площадь (рис. 2).

На рис. 3 показано, что предколлизийная фаза орогенеза турецкого типа имеет эффект, подобный воздействию рифтообразования на уровень Мирового океана. Рост очень больших субдукционно-аккреционных призм либо целиком подводных (например, на Средиземноморском хребте или на Аляске в наше время), либо полностью

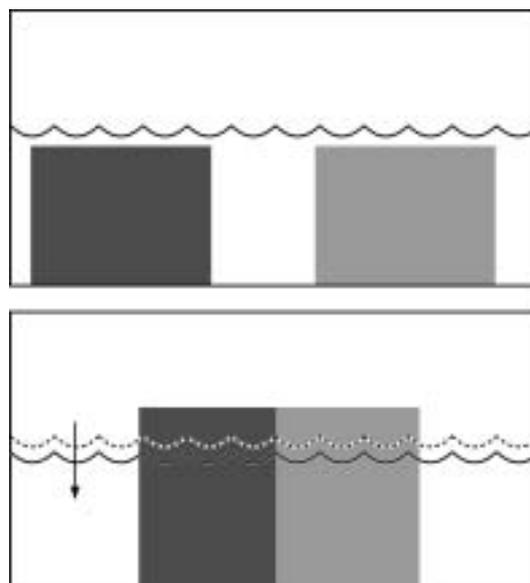


Рис. 2. Схематическая диаграмма, показывающая, что континентальная коллизия ведет к понижению уровня Мирового океана за счет уменьшения площади континентального материала при коллизионном сокращении и утолщении.

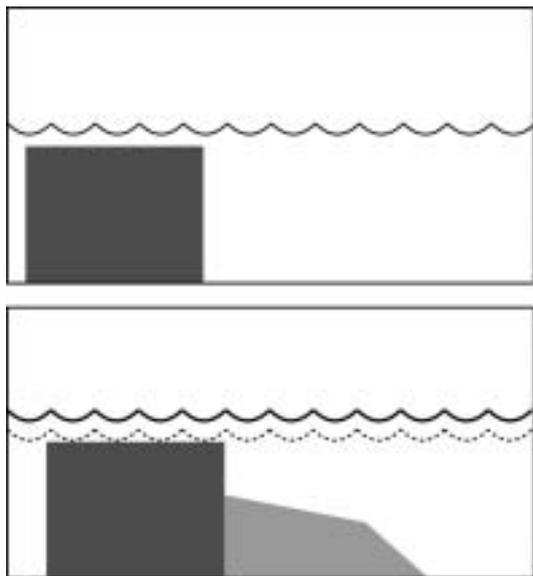


Рис. 3. Схематическая диаграмма, показывающая, каким образом разрастание субдукционно-аккреционного комплекса (аккреционного клина или меланжевого клина) должно поднимать уровень моря за счет уменьшения емкости океанических бассейнов.

надводных (например в Макране) неизбежно приводит к переносу материала с континентов в океан путем эрозии, отложения и структурного накопления его в верхних частях плит в зонах субдукции и таким образом уменьшает емкость океанических бассейнов. Однако можно возразить, что материал, который слагает аккреционные комплексы, уже находился в океане и его упаковка в аккреционную призму не меняет емкости океанических бассейнов и что предложенный здесь механизм не отличается от дискредитированного механизма трансгрессии, предложенного Э. Зюссом еще в 1888 г., за счет заполнения океана осадками (рис. 4). Такая критика игнорирует тот факт, что механизм Зюсса предполагает аномальное обмеление океанических бассейнов, приводящее к транс-

грессии, что на самом деле никогда не было зарегистрировано. Даже сам Э. Зюсс был явно разочарован в своей гипотезе, о чем он писал Шухерту в 1911 г. [16]. На самом деле, нет никаких оснований считать, что батиметрия бывших океанов каким-то образом отличалась от батиметрии современных, если процессы плейт-тектоники действовали на протяжении большей части истории Земли и если теплоотдача планеты не отличалась коренным образом от современной. Эти условия выполнялись всегда, за исключением архея, когда теплоотдача превышала современный уровень в 6 раз. Поскольку на Земле с преобладанием плейт-тектонических процессов дно океанов постоянно обновляется за счет спрединга и субдукции, его поверхностный слой отложений никогда не становится слишком большой мощности, так как избыточный осадок входит в состав аккреционных клиньев (см. рис. 3, 4). Таким образом, со временем континентальный материал над уровнем моря уменьшается в объеме, и новый материал замещает объем океанического бассейна объемом аккреционной призмы. Это, естественно, ведет к подъему уровня моря.

Чем крупнее орогены турецкого типа, тем длиннее должны быть порождающие их зоны субдукции. Чем длиннее зоны субдукции, тем быстрее движение плит. Это также способствует уменьшению емкости океанических бассейнов за счет увеличения объема срединно-океанических хребтов и подъему глобального уровня моря.

Таким образом, на предколлизийной стадии орогены турецкого типа способствуют подъему уровня Мирового океана. Когда они входят в стадию коллизии, их влияние на уровень моря качественно не отличается от влияния других коллизийных орогенов: они уменьшают площадь континентальной литосферы и таким образом увеличивают емкость океанического дна и понижают уровень моря. Однако количественно их влияние может быть сильнее, чем влияние орогенов альпийского или гималайского типов. При горообразовании альпийского или гималайского типов сталкиваются ранее консолидированные континентальные блоки. Сталкивающиеся блоки континентальной коры обычно имеют нормальную мощность коры, за исключением континентальных окраин атлантического типа. Что же касается орогенов турецкого типа, то здесь сталкиваются блоки коры, которые ранее не проходили через циклы орогенеза

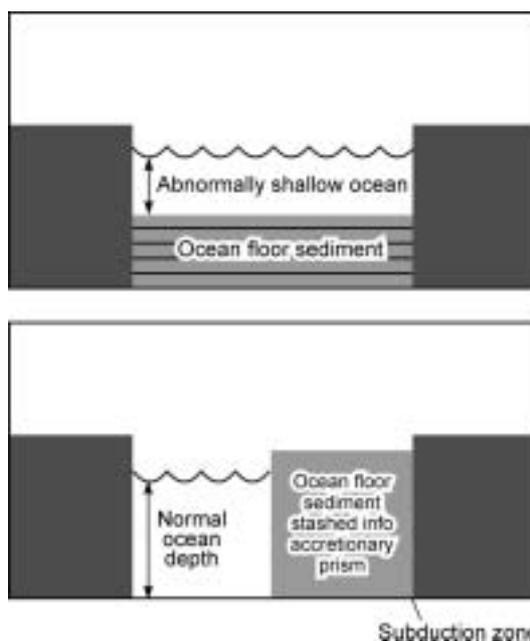


Рис. 4. Механизм заполнения океанических бассейнов путем непрерывного осадконакопления (по Э. Зюссу [16]).

Это ведет к аномальному обмелению океанических бассейнов, о чем нет никаких свидетельств (верхняя диаграмма). Разрастание аккреционного клина уменьшает емкость океанических бассейнов, не приводя к аномальному обмелению абиссальных равнин (нижняя диаграмма).

Рис. 5. Колебания уровня мирового океана [17].

Добавленные мной жирные линии показывают общие тенденции. Цифры вверху — $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в морской воде.

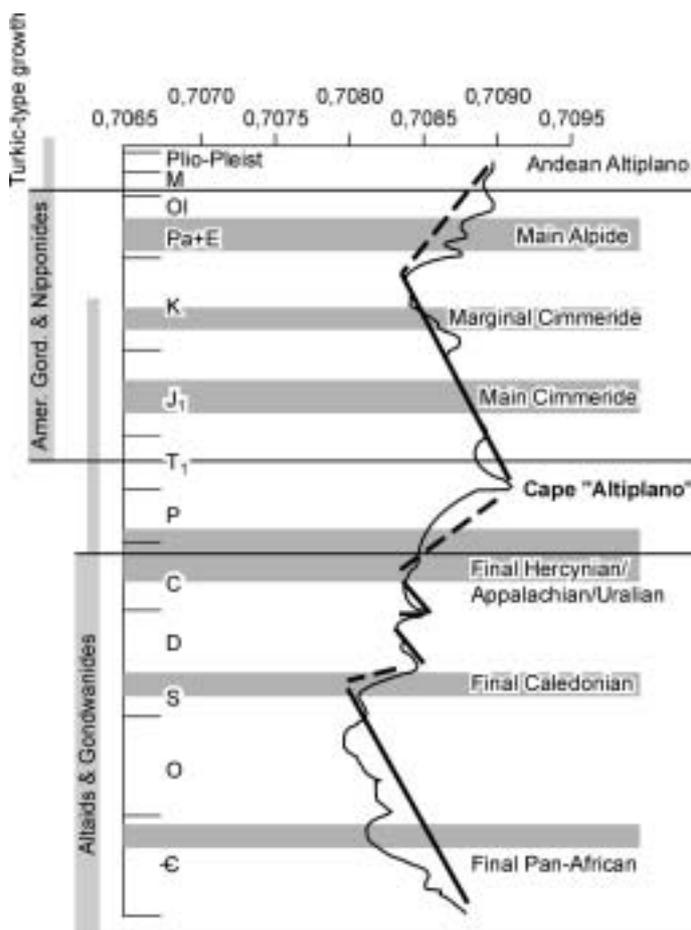
и обычно имеют меньшую мощность при большей площади. Когда такие блоки коры сталкиваются друг с другом, кора утолщается за счет обширного вертикального складкообразования, кливажа, а на верхних уровнях широко распространены структуры типа кинкбандов (kink-band) на значительных площадях. Примерами могут служить алтаиды и Лакланский пояс в Восточной Австралии. Это ведет к значительному повышению уровня моря и, соответственно, к увеличению емкости океанических бассейнов.

До сих пор была теория. Теперь посмотрим, насколько эта теория соответствует реальности для фанерозоя, т. е. для того периода истории Земли, который надежно задокументирован. На рис. 5 приведена кривая среднего уровня моря для фанерозоя, по [17]. Я мог бы воспользоваться любым другим литературным источником, поскольку на данном этапе в этих кривых нас интересует элемент с наибольшей длиной волны. Из рис. 5 следует: уровень моря действительно повышался в периоды предколлизии роста основных орогенов турецкого типа в истории фанерозоя. Этот подъем был резко выражен при столкновениях альпийского и гималайского типов (заключительные каледонское и герцинское (аппалачское), уральское и главное альпийское). Однако ни одно из проявлений этих столкновений альпийского или гималайского типов не имело достаточную амплитуду, чтобы изменить общую тенденцию подъема уровня Мирового океана. Они были всего лишь запятыми в предложении развития трансгрессии, но не точками. Только когда главные орогенические события турецкого типа завершаются формированием главных коллизионных структур (например, алтаиды, гондваниды), либо прекращением субдукционной активности с участием иных механизмов (например замещение зон субдукции крупными сегментами трансформных окраин, как в Северо-Американских Кордильерах), либо переходом от нейтральной к компрессионной активности дуг [11, 18—20], о чем свидетельствуют высокие плато типа Альтиплано вдоль орогенов андийского типа (таких как современное плато Альтиплано в Центральных Андах или пермотриасовый мыс Альтиплано), мы наблюдаем крупноамплитудный переход к основной глобальной регрессии. Так завершаются главные орогенические события турецкого типа, которые ставят точку в трансгрессии, уступающей место регрессии.

Представленные здесь аргументы позволяют сделать вывод, что орогенез турецкого типа — один из главных регуляторов уровня Мирового океана. Рост аккреционных коллажей ведет к повышению уровня моря; когда же аккреционные коллажи сталкиваются (друг с другом или с консолидированным континентальным блоком), они вызывают крупные регрессии. Как это влияет на историю Земли?

ЭВОЛЮЦИЯ $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ В ОКЕАНАХ И ОРОГЕНЕЗ ТУРЕЦКОГО ТИПА

На рис. 6 сравниваются колебания $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в морской воде в течение фанерозоя по новейшим данным Дж. Макарута и Р. Ховарда [21] с колебаниями уровня Мирового океана. Между ними существует тесная связь, на которую еще раньше указывали многие исследователи: когда уровень моря падает, сток рек в Мировой океан увеличивается, поскольку рельеф по всей планете становится выше и большая часть радиогенного ^{87}Sr смывается в море. За счет этого возрастает $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в морской воде. Когда уровень моря высок, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в морской воде уменьшается, поскольку большие пространства суши затопляются, наземный рельеф понижается и речной сток в море уменьшается.



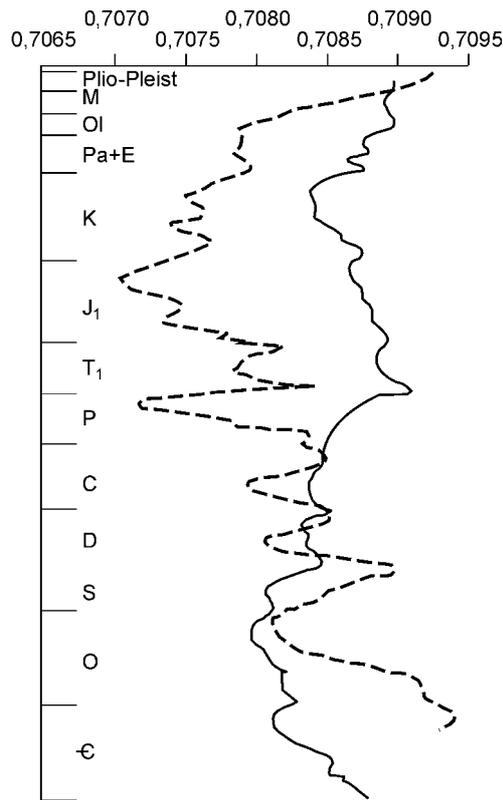


Рис. 6. Кривые, показывающие колебания уровня моря в фанерозое.

Непрерывная кривая, по [17]; высокий уровень слева и низкий — справа и $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в морской воде (цифры вверху), по [21].

Судя по рис. 6, вышесказанное справедливо в общих чертах, но не в деталях. До раннего каменноугольного периода обе кривые хорошо согласуются. Но между раннекаменноугольным периодом и до конца перми, когда они восстанавливают согласованность, отмечается значительное расхождение. В перми уровень моря падает довольно быстро, при этом в океане регистрируется довольно низкое содержание ^{87}Sr , это необычно и, на первый взгляд, неожиданно.

Напрашиваются два возможных объяснения. Первое — неактуалистическое допущение, что пермские реки текли по поверхности, обедненной изотопом ^{87}Sr . Почему поверхность суши в перми должна отличаться от современной, неясно. Если какие-либо различия и существовали, они должны были иметь противоположный знак, поскольку сама пермь и следующие за ней периоды были временем, когда происходили крупные столкновения континентов, сопровождаемые гранитным, андезитовым и риолитовым магматизмом. Поэтому в пермское время $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ должно быть аномальным, но в противоположную сторону от действительно наблюдаемого.

Второе объяснение связывает аномалию не с недостатком ^{87}Sr на земной поверхности, а с тем, что этот изотоп не

мог попасть в океан из-за географических особенностей планеты в пермское время. Рис. 7 представляет собой общую палеогеографическую карту мира в кунгурский век пермского периода (примерно 276—270 млн лет назад), когда недостаток ^{87}Sr в Мировом океане был наиболее острым (см. рис. 6). Это было время Пангеи, т. е. когда большая часть континентального материала Земли была собрана в единый гигантский континент. Казалось бы, с такого континента в океан должно стекать огромное количество воды, значительно обогащая его изотопом ^{87}Sr . Но реальная ситуация была прямо противоположна (см. рис. 7). Возможно, сток континента был полностью внутренним. Полный эндорейзизм возможен при условии, что континент был окружен горными хребтами по всему периметру, как показано на рис. 8. Однако из рис. 7 видно, что Пангея в перми имела совсем не такой вид. Горный хребет в виде растянутой буквы Z начинается в центрально-азиатских алтаидах на севере и заканчивается в восточно-австралийских тасманидах на юго-юго-востоке, не охватывая Северо-Восточную Гондвану и Западную Лавразию, которые в виде низменности спускаются

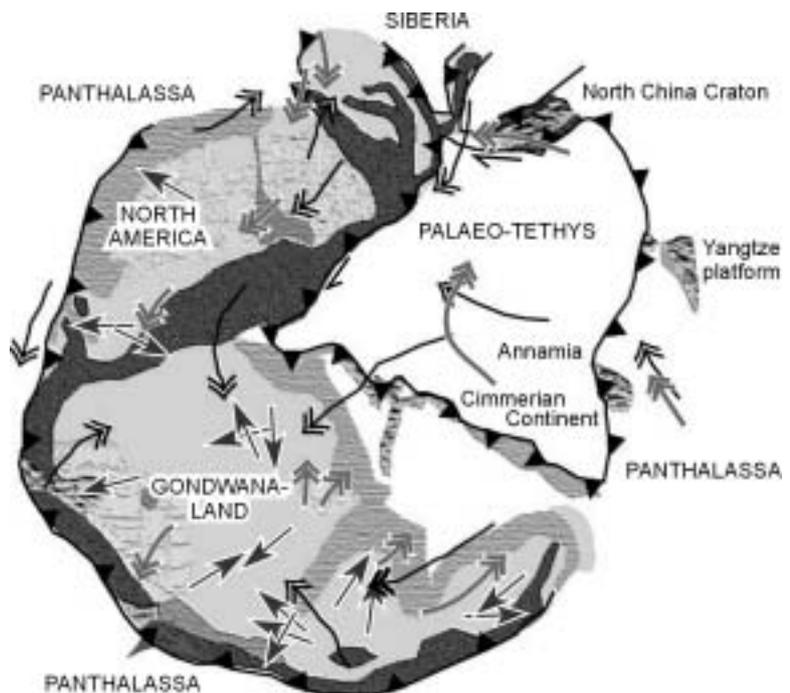
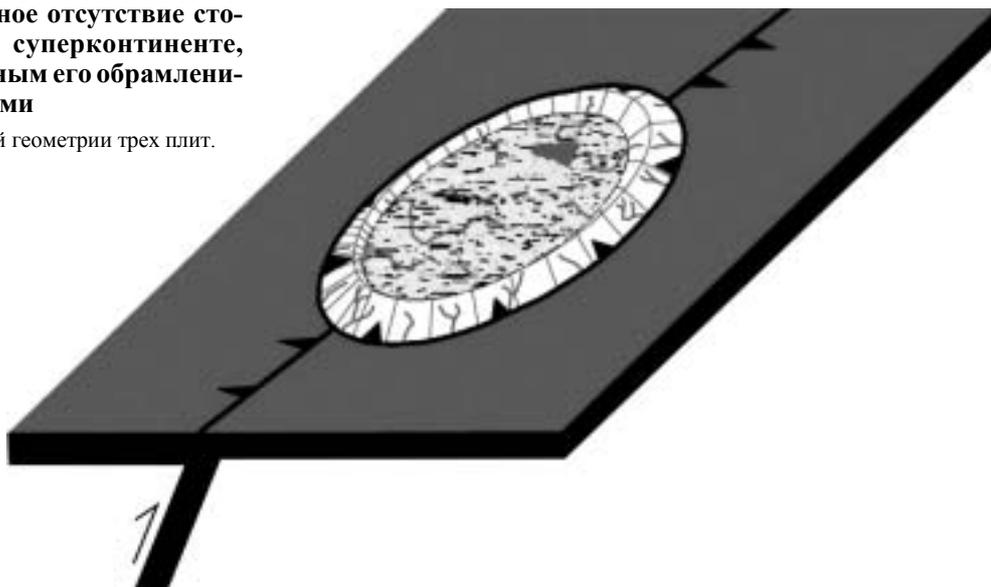


Рис. 7. Кунгурский мир (275—270 млн лет назад).

Общая палеогеография, по [24—26] с дополнениями [2, 3]. Предполагаемые направления ветра (двойные стрелки: темные — бореальные зимние ветры, светлые — бореальные летние), по [27]. Одинарные стрелки показывают направление стока рек, по [28—30].

Рис. 8. Почти полное отсутствие стока (эндорейзм) на суперконтиненте, обусловленное полным его обрамлением горными хребтами

Показано для простейшей геометрии трех плит.



на обширные шельфы. Однако большая часть пермской Лавразии и Гондваны покрыта огромной пустыней практически без стока в мировой океан. На обширные шельфы Тетиса не поступало много обломочного материала на всем протяжении Альпийско-Гималайской системы. Аналогично, переход от ранней перми к поздней в Северо-Американских Кордильерах был временем, когда обломочный материал практически перестал поступать на шельфы и отложения там характеризуются такими мощными пермскими известняками, как серия парк-сити, протянувшаяся от Колорадо до Монтаны и Вайоминга и уходящая далее в Канаду. Пангея была суперконтинентом, для которого был характерен эндорейзм, обусловленный как наличием массивной горной стены, так и климатическими условиями (рис. 9). Даже сезонные направления ветра благоприятствовали тому, чтобы задерживать обломочный материал внутри континента. Фактически это была известная эра повсеместного накопления красноцветов. С учетом этих обстоятельств вряд ли стоит удивляться, что отношение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ резко снижалось в морской воде, несмотря на то, что уровень Мирового океана тоже снижался вследствие прекращения роста крупного коллажа турецкого типа в конце палеозоя, после чего произошли столкновения континентов по всему фронту — от алтаид до тасманид.

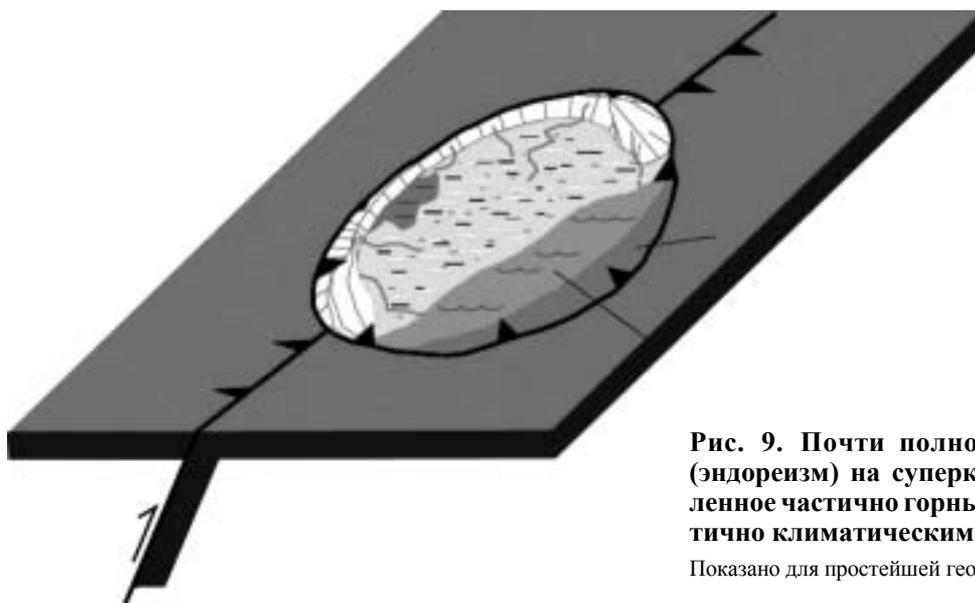
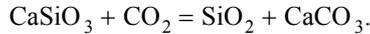


Рис. 9. Почти полное отсутствие стока (эндорейзм) на суперконтиненте, обусловленное частично горными барьерами и частично климатическими условиями

Показано для простейшей геометрии трех плит.

ОЛЕДЕНЕНИЯ И ОРОГЕНЕЗ ТУРЕЦКОГО ТИПА

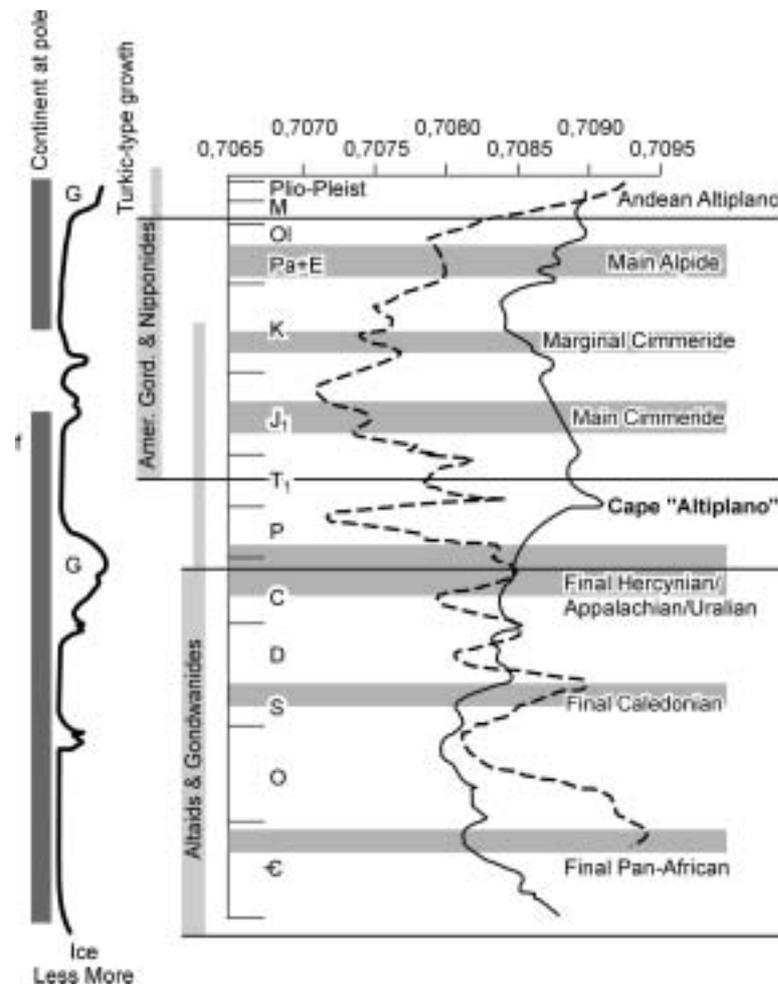
Идея о том, что оледенения могут вызываться горообразованием, не нова. Об этом говорил еще Л. Кобер в первой четверти двадцатого столетия [21]. В наши дни не только понижение уровня моря в результате коллизионного орогенеза как одна из причин возникновения ледниковых периодов, но и сопровождающие его повышение рельефа и выветривание рассматриваются как механизмы глобального похолодания из-за уменьшения содержания CO_2 в атмосфере в соответствии с реакцией Ури [23]:



Когда кальциевые силикаты (т. е. волластониты) выветриваются, они поглощают CO_2 , выделяя при этом CaCO_3 и SiO_2 . Это должно приводить к глобальному похолоданию из-за снижения парникового эффекта.

В процессе роста аккреционных комплексов турецкого типа островодужный магматизм должен все время оставаться активным, поскольку активной остается субдукция. Если судить по современным зонам субдукции, то передовая часть зоны субдукции представляет собой аккреционный клин с преобладанием флиша, субдукция пелагического компонента придонных осадков существенно облегчается, так как флишевый клин служит смазкой между верхней плитой и пододвигаемой нижней плитой. Таким образом, большая часть пелагического покрова карбонатных пород оказывается погруженной в зонах субдукции. Если они участвуют в островодужном магматизме, результирующие реакции можно рассматривать как обратный механизм Ури, с большим количеством углекислого газа, выделяемого в атмосферу. Это должно повышать парниковый эффект и нагревать атмосферу.

Выше мы видели, что при разрастании гигантского аккреционного клина турецкого типа уровень моря сохраняется высоким, приводя к более теплomu климату и уменьшению поверхностного альбедо (поскольку поверхность океана темнее, чем суша и поверхность льда). Эти условия не благоприятствуют наступлению ледникового периода. Более того, поскольку в атмосферу выбрасывается огромное количество углекислого газа, они даже вызывают уменьшение площади полярных шапок. Однако, когда рост аккреционного клина турецкого типа заканчивается крупным столкновением, это ведет обычно к большому увеличению поверхности суши, чем это происходит в случае коллизий альпийского или гималайского типов



и, следовательно, включается механизм Ури, направленный на уменьшение содержания углекислого газа в атмосфере. Поскольку при столкновении также прекращается активность дуг, это еще больше сокращает количество CO_2 . Более того, поскольку появляются новые площади суши, альбедо увеличивается. Все это вместе взятое охлаждает атмосферу и создает условия, благоприятные для наступления ледникового периода.

Таков сценарий модели, но согласуется ли он с действительностью?

На рис. 10 показаны колебания уровня моря, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в морской воде, основные типы орогенеза, оледенения и перекрытие минимум одного из полюсов континентом в фанерозе. Два

Рис. 10. Диаграмма, показывающая колебания уровня моря, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в морской воде, основные типы орогенеза, оледенения и надвиг суши на полюса в фанерозе.

G — развитие глобальных оледенений; f — положение континента на полюсе; вертикальный столбик указывает время, в течение которого минимум один из полюсов был перекрыт континентом. Основные оледенения даны по [32, 33].

основных глобальных оледенения (указаны как G), а именно оледенение в позднекаменноугольном периоде—ранней перми и позднекайнозойское оледенение почти точно совпадают с окончанием основного субдукционно-аккреционного горообразования турецкого типа. Ордовикско-силурийское оледенение, очевидно, не является столь же значительным событием, как остальные два, и, по моему представлению, вряд ли совпадает с каким-либо существенным орогенезом. Но я могу сильно ошибаться относительно ранних палеозойских орогенезов и ледниковых периодов. По крайней мере, сейчас накапливаются данные, чтобы доказать, что ордовикско-силурийское оледенение было таким же важным, как и два последних. Кроме того, рост панафриканского коллажа в обширных областях вокруг Гондваны, возможно, не закончился в кембрии, но продолжался еще и в ордовике. Действительно, резкое падение $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в морской воде произошло не в кембрии, а в ордовике (см. рис. 7 и 10). Таким образом, ордовикско-силурийское оледенение, которое, казалось бы, не вписывается в модель на рис. 10, на самом деле может служить ее подтверждением.

К сожалению, время завершения протерозойских оледенений удастся определить лишь с погрешностью ± 50 млн лет. Эта и другие неточности в датировании конца основных протерозойских событий турецкого типа не позволяют нам обосновать гипотезу, что окончание роста крупных орогенов турецкого типа является началом докембрийского ледникового периода. Тем не менее оледенения в конце протерозоя (от 640 до 590 и от 585 до 520 млн лет тому назад) коррелируют с некоторыми терминальными панафриканскими коллизиями, т. е. с завершением роста части основных структур турецкого типа в Гондване. Ледовый период 750—700 млн лет назад коррелирует с завершением роста орогенов турецкого типа Гапувалли (Индия) и Чендзян (Китай) [3]. Более ранние записи не достаточны для того, чтобы делать какие-либо выводы.

ВЫВОДЫ

Стили орогенеза меняются во времени, следуя за причудливым танцем плит с их континентальным грузом, которые то сходятся, то расходятся. Орогенные стили, по всей видимости, контролируют уровень моря и вызывают оледенения, которым способствуют (или мешают) положение континентов и циклы Миланковича. Историю Земли легко понять, но трудно проецировать назад, поскольку при современных условиях наблюдения, она не детерминирована. Орогенез турецкого типа выступает как основной игрок в этой пьесе. Если изложенное в этой статье воспринять буквально, орогенез турецкого типа представляется главной причиной колебаний уровня моря на протяжении десятков и даже сотен миллионов лет, значительных колебаний $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в морской воде и наступления ледниковых периодов. Первая попытка обобщения данных дала столь замечательные результаты, что стоит подвергнуть их более серьезной проверке.

Благодарю Валерия Верниковского за предложение написать эту статью в юбилейный номер, посвященный 70-летию Николая Леонтьевича Добрецова. Николай Добрецов — один из величайших геологов нашего времени. Я очень рад, что познакомился с ним, когда еще был студентом, и был принят в круг его друзей. Многочетнее общение с ним на научных конференциях, в лаборатории, в поле дали мне очень много. Он всегда был настроен доброжелательно ко мне и когда я еще был новичком, и когда я достиг определенного уровня в науке. Мне доставляет большое удовольствие и честь посвятить ему этот очерк, который был написан в его стиле: смело и с готовностью выслушать критические замечания. Желаю Николаю Леонтьевичу здоровья и бодрости на многие-многие годы, чтобы он продолжал просвещать нас относительно нашей любимой планеты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sengör A.M.C. and Okuroğulları A.H. The role of accretionary wedges in the growth of continents: Asiatic examples from Argand to plate tectonics // *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 1991, v. 84, p. 535—597.
2. Sengör A.M.C. and Natal'in B.A. Turkic-type orogeny and its role in the making of the continental crust // *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 1996, v. 24, p. 263—337.
3. Sengör A.M.C. and Natal'in B.A. Palaeotectonics of Asia: fragments of a synthesis / A. Yin, M. Harrison (eds.). *The tectonic evolution of Asia* // *Rubey Colloquium*. Cambridge, Cambridge University Press, 1996, p. 486—640.
4. Шенгёр А.М.Дж., Натальин Б.А., Буртман В.С. Тектоническая эволюция алтаид // *Геология и геофизика*, 1994, № 7—8, с. 41—58.
5. Suess E. *Das Antlitz der Erde*, v. III (Dritter Band. Erste Hälfte): F. Tempsky, Prag and Wien, and G. Freytag. Leipzig, 1901, 508 p.
6. Sengör A.M.C., Natal'in B.A. and Burtman V.S. Evolution of the Altaitic tectonic collage and Palaeozoic crustal growth in Eurasia // *Nature*, 1993, v. 364, p. 299—307.
7. Dobretsov N.L. and Kirdyashkin A.G. Blueschist belts of North Asia and models of subduction-accretion wedge / R.G. Coleman (ed.) // *Reconstruction of the Paleo-Asian Ocean (Proceedings of the 29th International Geological Congress)*. Part B, Utrecht, Netherlands, 1994, p. 99—114.

8. **Dobretsov N.L., Berzin N.A. and Buslov M.M.** Opening and tectonic evolution of the Paleo-Asian Ocean // *Intern. Geol. Rev.*, 1995, v. 35, p. 335—360.
9. **Dobretsov N.L., Buslov M.M. and Yu U.** Fragments of oceanic islands in accretion-collision areas of Gorny Altai and Salair, southern Siberia, Russia: early stages of continental crustal growth of the Siberian continent in Vendian-Early Cambrian time // *J. Asian Earth Sci.*, 2004, v. 23, p. 673—690.
10. **Добрецов Н.Л., Буслов М.М., Сафонова И.Ю., Кох Д.А.** Фрагменты океанических островов в структуре курайского и катунского аккреционных клиньев Горного Алтая // *Геология и геофизика*, 2004, т. 45, с. 1381—1403.
11. **Sengör A.M.C.** Plate tectonics and orogenic research after 25 years: A Tethyan perspective // *Earth Sci. Rev.*, 1990, v. 27, p. 1—201.
12. **Sengör A.M.C.** The large wavelength deformations of the lithosphere: Materials for a history of the evolution of thought from the earliest times to plate tectonics // *Geol. Soc. Amer.*, 1991, Memoir 196, 347 p.
13. **Suess E.** Über die vermeintlichen säcularen Schwankungen einzelner Teile der Erdoberfläche // *Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt*, 1880, № 11, S. 171—180.
14. **Suess E.** Das Antlitz der Erde, v. II: F. Tempsky, Prag and Wien, and G. Freytag, Leipzig, 1888, 704 p.
15. **Dewey J.F. and Pitman W.C., III.** Sea-level changes: mechanisms, magnitudes and rates // *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, 1998, № 58, p. 1—16.
16. **Suess E.** Synthesis of the paleogeography of North America // *Amer. J. Sci.*, 4th Series, 1911, v. 31, p. 101—108.
17. **Hallam A.** Phanerozoic sea-level changes: the perspectives in paleobiology and Earth history series. New York, Columbia University Press, 1992, 266 p.
18. **Jarrard R.D.** Relations among subduction parameters // *Rev. Geophys.*, 1986, v. 24, p. 217—284.
19. **Jarrard R.D.** Causes of compression and extension behind trenches // *Tectonophysics*, 1986, v. 132, p. 89—102.
20. **Dewey J.F.** Episodicity, sequence and style at convergent plate boundaries / D.W. Strangway (ed.). The continental crust and its mineral deposits // *Geol. Assoc. Canada, special paper number 20*, 1980, p. 553—573.
21. **McArthur J.M. and Howarth R.J.** Strontium isotope stratigraphy / F. Gradstein, J. Ogg, A.G. Smith (eds.) // *A geologic time scale*. Cambridge University Press, 2004, p. 96—105.
22. **Kober L.** Der Bau der Erde: Gebrüder Borntraeger. Berlin, 1921, 324 p.
23. **Broecker W.S.** How to build a habitable planet? ELDIGIO Press, Palisades, 1985, 291 p.
24. **Ziegler A.M.** Phytogeographic patterns and continental configurations during the Permian Period / W.S. McKerrow and C.R. Scotese (eds.). Palaeozoic palaeogeography and biogeography // *The Geological Society, London*, 1990, Memoir № 12, p. 363—379.
25. **Smith A.G., Smith D.G. and Funnell B.M.** Atlas of Mesozoic and Cenozoic coastlines. Cambridge, Cambridge University Press, 1994, 99 p.
26. **Torsvik T.H. and Cocks L.R.M.** Lectures on reconstruction methods and palaeogeography: short course notes, Johannesburg, University of the Witwatersrand, School of Geosciences, 2003, 90 p.
27. **Nairn A.E.M. and Smithwick M.E.** Permian paleogeography and climatology / H. Falke (ed.). The Continental Permian in Central, West and South Europe, Proceedings of the NATO Advanced Study Institute held at the Johannes Gutenberg University (Mainz, F.R.G., 23 September—4 October, 1975). Boston, D. Reidel, Dordrecht, 1976, p. 283—312.
28. **Johnson K.S., Amsden T.W., Denison R.E. et al.** Southern Midcontinent region / L.L. Sloss (ed.). Sedimentary cover—North American Craton. The geology of North America // *Geol. Soc. America*, 1988, v. D-2, DNAG, p. 307—359.
29. **Eyles N., González Bonorino G., Franca A.B. et al.** Hydrocarbon-bearing Late Paleozoic glaciated basins of southern and central South America / A.J. Tankard, R. Suárez Soruco, H.J. Welsink (eds.). Petroleum basins of South America // *AAPG Mem.*, 1994, v. 62, p. 165—183.
30. **Schandelmeier H., Reynolds P.-O. and Semtner A.-K.** (eds.). Palaeogeographic-Palaeotectonic atlas of North-Eastern Africa, Arabia, and adjacent areas—Late Proterozoic to Holocene. A.A.Balkema, Rotterdam, Brookfield, 1997, 160 p.
31. **Veevers J.J.** (ed.). Billion-year Earth History of Australia and neighbours in Gondwanaland. Gemoc, Sydney, 2000, 388 p. + Atlas, 2001, 76 p.
32. **Crowell J.C.** Continental glaciation through geologic times // *Climate in Earth History*. Washington, D.C., Studies in geophysics, National Academy Press, 1982, p. 77—82.
33. **Crowell J.C.** Pre-Mesozoic Ice Ages: their bearing on understanding the climate system // *Geol. Soc. America Mem.*, 1999, v. 192, 106 p.

*Поступила в редакцию
23 августа 2005 г.*