

УДК 551.311.231 + 243

А. Ф. ГРАЧЕВ, З. А. СВАРИЧЕВСКАЯ, Ю. П. СЕЛИВЕРСТОВ

ВЫРАВНИВАНИЕ И КООБРАЗОВАНИЕ

Рассматривается взаимоотношение процессов выравнивания и корообразования. На основе изучения современных кор выветривания показано, что они могут образовываться при благоприятном климате на различных элементах рельефа, вплоть до крутых склонов. Высказывается мысль, что процессы пенепленизации и корообразования протекают одновременно; само корообразование можно считать одним из важнейших процессов, приводящих к выравниванию рельефа. Показано, что в геологических разрезах могут сохраняться лишь коры выветривания пенепленов (межформационные), коры выветривания денудационных поверхностей иного генезиса (педилены и др.) чаще всего уничтожаются при последующей пенепленизации. Приводятся примеры древних пенепленов и кор выветривания, образование которых приурочено к окончанию крупных тектонических циклов.

Введение

Изучение коры выветривания имеет большое научное и практическое значение для геоморфологии и геотектоники. В связи с тем, что образование кор выветривания тесно связано с рельефом и структурой, отвечая определенным этапам в развитии земной коры, анализ эпох выветривания в геологическом прошлом позволяет реконструировать особенности развития тех периодов, которые обычно выделяются как перерывы в осадконакоплении.

Проблема взаимосвязи корообразования с рельефом рассматривалась в работах А. В. Хабакова, И. И. Гинзбурга, К. К. Маркова, И. П. Герасимова, А. П. Сигова и других авторов. Сложилось мнение, что для образования кор выветривания необходим выровненный рельеф (пенеплен), в условиях которого химическое выветривание идет более интенсивно, чем денудация. Такая точка зрения была основана в значительной степени на изучении древней мезозойской коры выветривания, широко распространенной в пределах Урало-Тянь-Шанской эпигердинской платформы (мезозойского пенеплена Урала и Казахстана).

Анализ современного распространения кор выветривания показывает, что они формируются в широком диапазоне геоморфологических и климатических условий и в областях с различным тектоническим режимом. Сюда входят и области горообразования (Кавказ, Анды, Вьетнам), и островные дуги (Куба, Индонезия), и материковые платформы. Выветривание происходит даже на океаническом дне, где в результате разложения абиссальных толейитовых базальтов происходит накопление Fe_2O_3 до 12,5% против 2,5% в свежих образцах, меняется цвет пород от серого до желтовато-коричневого (Miyashiro et al., 1969). Поэтому не вызывает удивления высказывание В. Н. Разумовой и Н. П. Хераскова (1963) о геосинклинальном и платформенном типах корообразования; к этому можно было добавить еще и орогенический тип. Однако коры выветривания геосинклинальных и орогенических областей эфемерны и не могут сохраняться длительное время, так как в процессе превращения геосинклинали в ороген и орогена в платформу

не только коры выветривания, но и громадные массы горных пород, слагающих хребты и впадины, будут уничтожены денудацией.

Таким образом, для палеогеографического анализа имеют значение лишь коры выветривания платформенных областей, которые только и могут сохраняться в геологическом разрезе. Выявление связи выветривания с рельефом заключается в анализе взаимоотношения процессов выравнивания и корообразования.

Именно эти взаимоотношения являются главной дискуссионной проблемой. Можно выделить две противоположные точки зрения: 1) корообразование не синхронно выравниванию рельефа, а отделено от него эпохой расчленения; 2) образование коры выветривания может идти в условиях достаточно расчлененного рельефа при благоприятной климатической обстановке, т. е. одновременно с выравниванием.

Естественно, что решение этой проблемы возможно лишь на основе наблюдений за современным корообразованием и его связью с рельефом, что позволяет, используя метод актуализма, приблизиться к пониманию геоморфологических ландшафтов прошлого.

Особенности формирования современных кор выветривания

Удобным геоморфологическим объектом изучения современного корообразования является Африканский материк, в западной части которого один из авторов данной статьи проводил специальные исследования.

Геологические наблюдения в Западной Африке показывают, что площадные коры выветривания в условиях благоприятного климата развиваются независимо от рельефа; последний определяет лишь тип коры и некоторые ее особенности. В этом отношении показательны острова Лос вблизи г. Конакри, где холмистый рельеф с относительными превышениями до 100—200 м сформирован на мезозойских нефелиновых сиенитах. Понижения между холмами заняты латеритной корой выветривания с высококачественными бокситами, а склоны холмов, крутизна которых в средних частях равна 28—32°, покрыты менее мощной зоной латеритного изменения коренных пород (рис. 1). Мощность зоны выветривания, по наблюдениям в карьере, составляет на склонах 1,0—1,5 м, у подножия — до 8—10 м. Другой пример — долина р. Телебу, где кора выветривания развита на днище долины, ее склонах и междуречьях (рис. 2).

На крутых склонах и уступах, разделяющих разновысотные поверхности выравнивания в Гвинее, также отмечается кора выветривания. Так, например, в истоках р. Саму на склоне крутизной 70—80° монолитные долериты превращены в латерит с хорошо сохранившейся структурой долерита (так называемый желтый пряник), причем мощность коры более 0,8 м. Каолиновая кора выветривания с сохранившейся структурой гранитоидов видна на склоне поднятия Туру в Лесной Гвинее, где крутизна превышает 30°, а мощность коры более 3 м.

Равнинные пространства Северо-Западной Гвинеи с неглубоко врезаемыми речными долинами бассейна Томине и Кулунту, представляющие собой наиболее низкий педиפלлен Африканского материка, также являются областью интенсивного корообразования. Как видно из рис. 3, мощность кор выветривания превышает величину эрозионного вреза и они развиты ниже уровня грунтовых вод; таким образом, последний не является преградой для корообразования. Следует особо обратить внимание на тот факт, что коры выветривания развиваются даже по наиболее молодым формам рельефа, так называемым глянсам, поверхность которых синхронна морским и речным террасам.

Более высокие педиפלлены Африки, как показано Л. Кингом (1967) и др., также имеют мощные коры выветривания, развивающиеся одновременно с формированием педиפלленов. Вряд ли поэтому можно согласиться с Д. А. Тимофеевым (1969), что «...наличие коры выветривания на

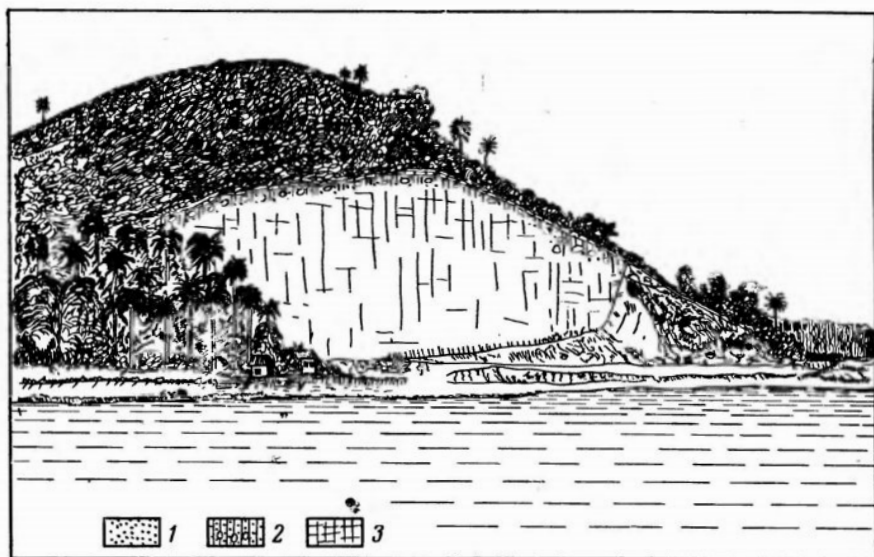


Рис. 1. Северное окончание о-ва Касса из архипелага островов Лос в Атлантическом океане вблизи г. Конакри. Холм с абс. отметкой 110 м и его склоны с крутизной до 32° покрыты латеритной корой выветривания мощностью 1,5—3 м непосредственно от берега океана.

1 — почвенный горизонт; 2 — каолиновая структурная кора выветривания и боксит; 3 — нефелиновые сиениты юрского возраста (рис. М. В. Гурьяновой по цветной фотографии Ю. П. Селиверстова)

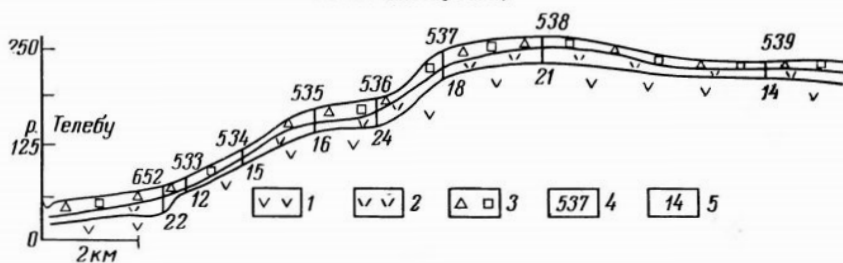


Рис. 2. Поперечный геологический профиль через долину р. Телебу, правого притока р. Фатала (Западная Гвинея).

1 — коренные породы; 2 — глинистая кора выветривания; 3 — каменная кора выветривания и кираса; 4 — номера скважин; 5 — глубины скважин

педиплене означает, что он прекратил развитие и является реликтовым» (стр. 5). Как будет показано ниже, корообразование в процессе планации рельефа играет важную роль и по своим масштабам соизмеримо с агентами денудации. Здесь же следует отметить, что корообразование формирует поверхность, а не консервирует. Консервация возможна лишь в случае погребения поверхности под толщей осадков.

Вопрос о длительности развития кор выветривания и скорости их формирования не может быть решен путем изучения лишь древних кор выветривания. Трудно, а часто и невозможно учесть роль других процессов. По геологическим данным, время возникновения фиксированных в разрезах кор выветривания оценивается максимум одним-двумя ярусами (3—8 млн. лет), а иногда и их частью (1—2 млн. лет). По расчетам В. П. Петрова (1967), для образования кор выветривания мощностью в 100 м необходим отрезок времени порядка 1 млн. лет. Поэтому интерес представляют данные о скоростях современного корообразования. Так, корочка выветривания на археологических орудиях мустьерского и более позднего времени, найденных на поверхностях выравнивания Западного

Фута Джаллона, образуется со скоростью 1 см за 50—100 тыс. лет, а отложения террасы позднечетвертичного — современного возраста обнаруживают значительное ожелезнение. Следует обратить внимание, что цифры сильно занижены, так как орудия находятся на дневной поверхности, в явно неблагоприятных условиях для химического выветривания. Крутые склоны и уступы также несут следы интенсивного выветривания, несмотря на активную денудацию.

Расчеты скоростей латеритного выветривания за счет выноса подвижных элементов растительностью, ежегодно уничтожаемой во время по-

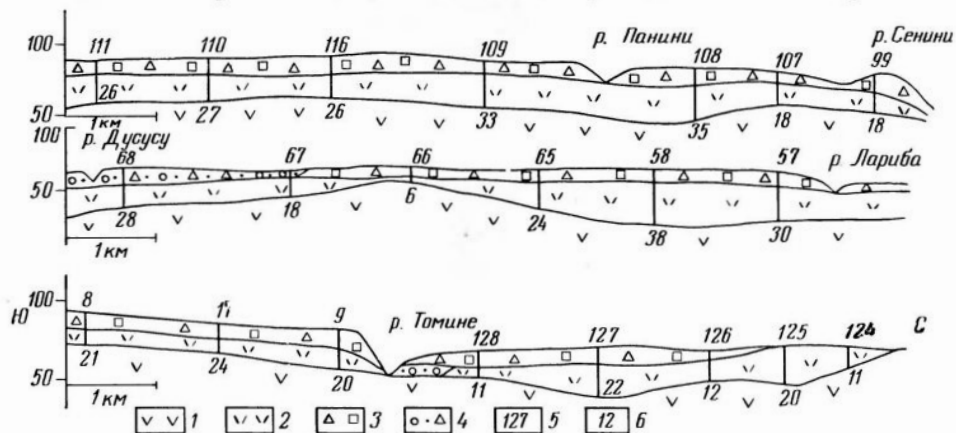


Рис. 3. Геологические профили через низкие поверхности выравнивания (педиплены) Северо-Западной Гвинеи.

1 — коренные породы; 2 — глинистая кора выветривания; 3 — каменная кора выветривания и кираса; 4 — кирасированный аллювий; 5 — номера скважин; 6 — величина мощности коры выветривания, м

жаров в саванне (Михайлов, 1964), а также атмосферными водами, интенсивно промывающими толщи пород, дают близкие цифры, равные 1 см за 600—1000 лет. что в целом соответствует значениям, полученным В. П. Петровым (1967).

Таким образом, изучение современных кор выветривания указывает, с одной стороны, на необычайно большие скорости формирования кор в благоприятных климатических условиях, вследствие чего они могут возникать на крутых и даже отвесных склонах, с другой стороны, свидетельствует о том, что они могут развиваться почти у самого уровня моря и даже ниже уровня грунтовых вод, как показано исследованиями Б. В. Писемского (1968) и нами (рис. 3).

Пенепленизация и условия образования и сохранения кор выветривания

Сохранность кор выветривания в общем определяется выровненностью поверхности, на которой они сформировались. Наиболее благоприятны для относительно устойчивого положения кор выветривания поверхности выравнивания, формирующиеся в условиях полной или частичной компенсации тектонических движений (поднятий или опусканий) экзогенными процессами. Развитие каждой поверхности выравнивания начинается с разрушения контрастного расчлененного рельефа, дольше всего сохраняющегося в водораздельных частях, и заканчивается выравниванием, которое, наоборот, раньше всего возникает вблизи базиса эрозии или денудации.

Поверхности выравнивания различны по длительности существования, и их формированием обычно заканчиваются определенные геоморфологические циклы.

В областях аккумуляции (длительно развивающиеся прогибы) в субаэральных условиях коры выветривания приурочены к внутриформационным перерывам, и с них обычно начинается новый цикл осадконакопления. Мощность таких кор (мы их будем называть внутриформационными вслед за В. Н. Разумовой, Н. П. Херасковым, 1963) зависит от длительности существования субаэральных условий. Примером данного типа кор являются коры синеклиз платформенного чехла Западно-Сибирской плиты.

В областях поднятий в связи с ритмичностью процессов рельефообразования даже в условиях орогенических движений может возникнуть несколько поверхностей выравнивания, в дальнейшем существующих одновременно. Их можно отнести в зависимости от степени развития к педиментам и педиפלенам, т. е. к поверхностям неполной компенсации, образование которых прерывается последующим врезом, идущим от базиса денудации.

Коры выветривания, развивающиеся на таких поверхностях, синхронны времени выравнивания. Это время может быть больше периода относительного покоя, так как рост поверхности выравнивания в латеральном направлении и формирование кор выветривания продолжают и после того, как она будет втянута в поднятие. Конечно, строго говоря, такие поверхности будут разновозрастны в разных своих (проксимальной и дистальной) частях и мы чисто условно приписываем им один возраст, ибо уловить существующими методами определения возраста рельефа эти нюансы невозможно. Коры выветривания этих поверхностей являются аналогами внутриформационных кор областей аккумуляции, но в отличие от них, как правило, не сохраняются в геологическом разрезе.

Поверхности выравнивания полной компенсации — пенеפלены завершают крупные этапы рельефообразования и имеют, как мы в дальнейшем покажем, глобальное развитие. Они являются геоморфологическим выражением региональных угловых несогласий и, как правило, встречаются только в геологических разрезах, т. е. в погребенном состоянии, так как пенеפלени в процессе своего формирования срезает все неровности, в том числе и выше него расположенные педиפלени. Сохранность межформационных кор выветривания, фиксирующих пенеפלени, зависит от степени размыва в начале следующего цикла, базальные отложения которого ложатся на пенеפלени.

Представляется необходимым уточнить место корообразования в процессе пенеפלенизации. Из приведенных выше данных можно сделать вывод, что каждой стадии выравнивания рельефа соответствует кора выветривания определенного типа, мощности и распространения. Поэтому, когда выравнивание дойдет до стадии пенеפלени, последний будет также иметь свою кору выветривания.

Корообразование, по нашему мнению, — весьма существенный фактор денудации рельефа и его планации. Обычно считают, вслед за В. М. Девисом, что пенеפלенизация происходит путем вертикального «изнашивания» рельефа эрозионными процессами. Позже В. Пенк, а за ним Л. Кинг значительную роль в выравнивании рельефа отвели процессам параллельного отступания склонов с расширением подножий и формированием педиментов. Однако механизм этого, несомненно существующего, процесса был не вполне ясен. Процессы струйчатого и ручейкового смыва, которым Л. Кинг придает решающее значение в разрушении и отступании склонов, не могут обеспечить равномерное параллельное отступание склонов на многие десятки и сотни километров.

Установленное интенсивное выветривание горных пород на крутых склонах и уступах помогает понять, каким образом ручейковый и плоскостный смыв в дождливые сезоны осуществляет вынос материала и отступание склонов. Более того, в ряде мест установлено, что скорость химического выветривания превышает скорость денудации, почему мы и

можем наблюдать на крутых склонах современные коры выветривания. Разумеется, это происходит лишь в благоприятных климатических условиях, например в тропической Африке.

По нашему мнению, пенепленизация осуществляется путем совместного действия процессов эрозионного расчленения, параллельного отступания склонов и корообразования. Именно поэтому коры выветривания пенепленов синхронны им. В связи с этим нам представляется неверным вывод Д. А. Тимофеева (1969) о одновременности процессов пенепленизации и корообразования. Приведя совершенно правильные примеры формирования кор выветривания в условиях современного расчлененного рельефа, он сделал заключение, что «сначала вырабатывается поверхность выравнивания того или иного типа. Затем она испытывает поднятие и эрозионное расчленение. По мере углубления эрозионных процессов и понижения уровня грунтовых вод на не затронутых свежей эрозией останцовых выровненных поверхностях междуречий при соответствующих благоприятных биоклиматических условиях формируются мощные коры выветривания» (стр. 6).

Наши исследования показывают, что в геологических разрезах могут сохраняться либо коры выветривания пенепленов (межформационные), либо внутриформационные коры выветривания педиленов, однако последние не имеют существенного значения для палеогеоморфологии.

Эпохи корообразования и пенепленизации в прошлом

В геологической истории эпохи пенепленизации, фиксирующие окончание крупных тектонических циклов, повторялись неоднократно. Пенепленизация являлась геоморфологическим выражением процесса перехода орогенических областей в платформенные.

Наиболее четко это видно на примере эпигерцинского, эпикаледонского, эпибайкальского и других пенепленов, разделенных интервалами времени в 180—200 млн. лет. Кроме того, крупнейшие этапы геологического развития (мегахроны), следующие в среднем через 550 млн. лет, также завершаются пенепленизацией.

Не вполне ясным является положение выровненных поверхностей, возникающих через 70—90 млн. лет (Сваричевская, Селиверстов, 1970), которые в одних случаях являются подчиненными пенеплену (постгондванская поверхность в Африке), а в других завершают эпохи горообразования и могут быть отнесены к пенепленам (поздне меловая поверхность Северо-Востока СССР — область мезозойд Тихоокеанского кольца).

Вообще такие поверхности довольно часто встречаются в геологическом разрезе и отмечаются на различных платформах. Кроме указанной меловой широко развиты поверхности раннекарбоновая (эпипенсильванская в Северной Америке, эпиганская в Южной Африке, визейская на Русской платформе), позднеордовикская (эпимавританская, или карадокская, в Западной Африке, внутривосточноордовикская на Сибирской и Русской платформах) и позднедокембрийская (620—640 млн. лет) — эпикатангская в Африке, внутривендская в Сибири и эпиавалонская в Северной Америке. Хотя эти поверхности и фиксирующие их коры выветривания представляют интерес в теоретическом и практическом отношении, но они «...связаны с более частными циклами рельефообразования, не приводившими к коренным преобразованиям рельефа на протяжении платформенного или геосинклинального этапов развития» (Думитрашко и др., 1970, стр. 62).

Примеры пенепленов, имеющих действительно глобальное развитие в геологической истории Земли, приведены в таблице. В ней показан проанализированный нами материал по некоторым платформам и сделана попытка увязать развитие в этих регионах поверхности крупных

Главнейшие пенеплены в геологической истории Земли

Абсолютный возраст	Геологическое время	Северо-Американская платформа	Африканская платформа	Русская платформа	Сибирская платформа	Северное полушарие
2900—3000	$\frac{AR_1}{AR_2}$		Эпитрансваальский	Эпикольский		
2400—2600	$\frac{AR}{PR_1}$	Эпикеноренский	Эпиродезийский	Эпибеломорский (эписамский)		Эпиархейский
1800—2000			Эпиэбурнейский	Эпибалтийский		
1600—1800	$\frac{PR_1}{PR_2}$	Эпигудзонский	Эпимаюмбский	Эпикарельский (дорифейский)	Дорифейский	Дорифейский
1350—1450	$\frac{PR_1}{PR_3}$	Эпиэльсонский	Эпимозамбикский?	Эпиготский	Эпираннерифейский	
1000—1100		Эпигренвильский	Эпикибарский	Эпигренвильский	Эписреднерифейский	
700—800		Эпибелтский	Эпинубийский?	Эпидальсландский (эпирифейский)	Эпирифейский	
500—540	O_2	Эпигадринский	Эпидамарский	Раннекембрийский	Эписалаирский (среднекембрийский)	Эпибайкальский
350—380	D_{1-2}	Эпиантлерский (позднедевонский)	Эпитассилийский	Предсреднедевонский	Раннедевонский	Эпикаледонский
180—200	T_3-J_1	Эпиаппалачский («зоны водопадов»)	Эпикаррусский (гондванский)	Доюрский	Доюрский	Эпигерцинский

региональных несогласий — пенепплены. Таблицу следует рассматривать как предварительную в связи с разноречивостью геологических материалов, особенно стратиграфического положения отдельных геологических подразделений.

Для названий пенеппленов кроме употребляющихся использованы названия складчатых систем или формаций пород, которые они срезают и нивелируют, с приставкой «эпи».

Выводы

1. Коры выветривания при благоприятных климатических условиях формируются на любых элементах рельефа — от плоских поверхностей до крутых склонов.

2. Корообразование происходит одновременно с выравниванием рельефа и является мощным фактором планации.

3. В геологических разрезах сохраняются преимущественно коры выветривания пенеппленов (межформационные); коры выветривания денудационных поверхностей иного генезиса (педипплены и др.) чаще всего уничтожаются при последующем выравнивании.

4. Эпохи пенеппленизации и корообразования повторялись в истории Земли неоднократно, в среднем через 180—200 млн. лет.

ЛИТЕРАТУРА

- Думитрашко Н. В., Лунгерсгаузен Г. Ф., Мещеряков Ю. А., Рождественский А. П. Палеогеоморфологическая интерпретация поверхностей несогласия и некоторые задачи палеогеоморфологического анализа.— Сб.: Проблемы палеогеоморфологии. М., «Наука», 1970.
- Кинг Л. Морфология Земли. М., «Прогресс», 1967.
- Михайлов Б. М. К вопросу о роли растительного покрова при латеритном выветривании в горных районах Либерийского щита.— Докл. АН СССР, 1964, т. 157, № 4.
- Петров В. П. Основы учения о древних корях выветривания. М., «Недра», 1967.
- Писемский Б. В. Геохимические особенности коры выветривания Гвинейской республики.— Сб.: Кора выветривания, вып. 10. М., «Наука», 1968.
- Разумова В. Н., Херасков Н. П. Геологические типы кор выветривания и закономерности их размещения.— Тр. Геол. ин-та, вып. 77. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Сваричевская З. А., Селиверстов Ю. П. Цикличность рельефообразования как один из критериев палеогеоморфологического анализа.— Сб.: Проблемы палеогеоморфологии. М., «Наука», 1970.
- Тимофеев Д. А. Поверхности выравнивания и коры выветривания.— Сб.: Вопросы геологии Прибайкалья и Забайкалья, вып. 6, ч. 4, Чита, 1969.
- Miyashiro A., Shido F., Ewing M. Composition and origin of serpentinites from the Mid-Atlantic ridge near 24° and 30° north latitude.— Contr. Min. and Petrol., 1969, v. 23, No. 2, p. 117—127.

Ленинградский государственный университет

Поступила в редакцию
30.VI.1971

PLANATION AND WEATHERING

A. F. GRACHEV, Z. A. SVARICHEVSKAYA, and Yu. P. SELIVERSTOV

Summary

Considered is the relation of the processes of planation and weathering. The study of the recent crusts of weathering has shown that they may form in a favourable climate on different elements of relief, including steep slopes. It seems that the processes of peneplainization and crust formation proceed simultaneously; the crust formation itself may be considered one of the most important processes leading to relief weathering. Peneplain (interformational) crusts of weathering may be preserved in geological profiles, while the crusts of weathering of denudation surfaces of some other genesis (pediplain and others) are most often obliterated during the following peneplainization. The authors give examples of ancient peneplains and crusts of weathering, whose formation is confined to the final stage of large tectonic cycles.