

7. СКЛОНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

7.1. Склоновые процессы и рельеф склонов

7.1.1. Обвальные склоны

7.1.2. Осыпные склоны.

7.1.3. Лавинные склоны.

7.1.4. Оползневые склоны.

7.1.5. Делювиальные склоны.

7.1.6. Солифлюкционные и дефлюкционные склоны.

7.2. Возраст склонов

7.3. Развитие склонов

- К склонам следует относить такие поверхности, на которых в перемещении вещества определяющую роль играет сила тяжести. При углах наклона 1-2 градуса сила тяжести еще очень мала. Но даже без них на долю склонов приходится более 80% всей поверхности суши.
- Склоновая денудация является одним из основных экзогенных факторов формирования рельефа и основным поставщиком материала, из которого образуются потом аллювиальные, ледниковые, морские и другие генетические типы отложений.
- Существует тесная взаимосвязь между выветриванием и склоновыми процессами: быстрое удаление со склонов рыхлых продуктов выветривания обнажает «свежую» породу и тем самым способствует усилению выветривания.
- Медленная денудация склонов, напротив, приводит к накоплению продуктов выветривания, которое затрудняет дальнейшее выветривание коренных пород, но способствует интенсификации склоновых процессов.

- **7.1. Склоновые процессы и рельеф склонов.** Рассмотрим более подробно некоторые процессы, происходящие на склонах, и их морфологические результаты.
- **7.1.1. Обвальные склоны.** Обвалы наблюдаются как в горах, так и на равнинах. Наиболее грандиозны обвалы в горах. Так, при обвале в долине реки Мургаб (Западный Памир, 1911) объем обрушившейся породы составил более 2 км³, а ее масса — около 7 млрд. т.
- **Обвальные процессы** или горные обвалы представляют собой обрушения крупных массивов горных пород происходящие внезапно и сопровождающиеся дроблением сорвавшейся массы при ее падении к подножию склона.
- Обвалом называется процесс отрыва от основной массы горной породы крупных глыб и последующего их перемещения вниз по склону. Образованию обвала предшествует возникновение трещины или системы трещин, по которым затем происходит отрыв и обрушение блока породы. Морфологическим результатом обвалов является образование *стенки срыва и ниш в верхних частях склонов и накопление продуктов обрушения у их подножий.*

- При обвалах значительная доля обломков проходит часть пути в свободном падении и лишь ниже по склону основная масса обвала приобретает скользящее движение, развивая огромную скорость, достигающую 150 м/с. Трение о ложе или встреча с крупным препятствием гасит скорость, и обвальная масса останавливается. Важнейшими условиями образования обвалов являются крутизна склонов, сложная тектоника, присутствие крупных трещин, длительная подготовка склона, выражающаяся в развитии трещиноватости в скальных породах. Непосредственной причиной обвалов могут быть землетрясения, сильные ливни, удары молнии.
- Как правило, горные обвалы имеют катастрофический характер. В историческое время одним из грандиознейших был обвал, произошедший в 1911 г. в ущелье р. Мургаб на Памире. Масса горных пород около 7 млрд. т обрушилась в долину и засыпала ущелье, образовав плотину до 740 м высотой. За ней образовалось озеро, получившее название Сарезского, достигающее и в настоящее время 60 км длины и до 505 м глубины.
- Обвалы небольших масс породы, состоящей из обломков



- **Сарезское озеро** : 1- Усойский завал 2- Место срыва оползня 3- озеро Шадау 4- перевал Марджанай 5- Ирхтский залив
- 6- залив Рамаиф.

- Аккумулятивная часть обвального склона обладает беспорядочным холмистым рельефом с высотой холмов от нескольких метров до 30 м, реже больше. Сложена она крупнообломочным материалом. Размер обломков колеблется от десятков сантиметров до десятков метров.

- В результате обвальной денудации склонов возникают гравитационные или **обвальные обрывы и обвальные цирки и ниши.**

- К аккумулятивным формам относятся **обвальные гряды и холмы.** Гряды располагаются обычно вдоль склона, но встречаются и поперечные гряды, расположенные под обвальными цирками. Поверхность обвальных гряд имеет крайне неправильный, хаотический рельеф и изобилует беспорядочно расположенными скальными выступами и глыбами.

- Обвальные отложения, слагающие эти формы рельефа, характеризуются полным отсутствием сортировки обломков, совместным нахождением очень крупных глыб, мелко раздробленного материала, средних и мелких обломков, хаотически сгруженных и совершенно не окатанных. Петрографический состав обломков обычно однороден и полностью соответствует составу пород слагающих обрыв



- **7.1.2. Осыпные склоны.** Образование осыпей связано преимущественно с физическим выветриванием. Наиболее типичные осыпи наблюдаются *на склонах, сложенных мергелями или глинистыми сланцами*. У классически выраженной осыпи различают осыпной склон, осыпной лоток и конус осыпи.
- *Осыпной склон* сложен обнаженной породой, подвергавшейся физическому выветриванию. Продукты выветривания — щебень, дресва, перемещаясь вниз по склону, оказывают механическое воздействие на поверхность склона и вырабатывают в нем желоб — *осыпной лоток* глубиной 1—2 м при ширине в несколько метров.
- В нижних частях денудационных участков склонов желоба объединяются в более крупные ложбины, ширина которых может достигать десятков метров. Талые и дождевые воды еще более углубляют желоба, расчленяют денудационную часть склонов, бровка склона становится фестончатой.

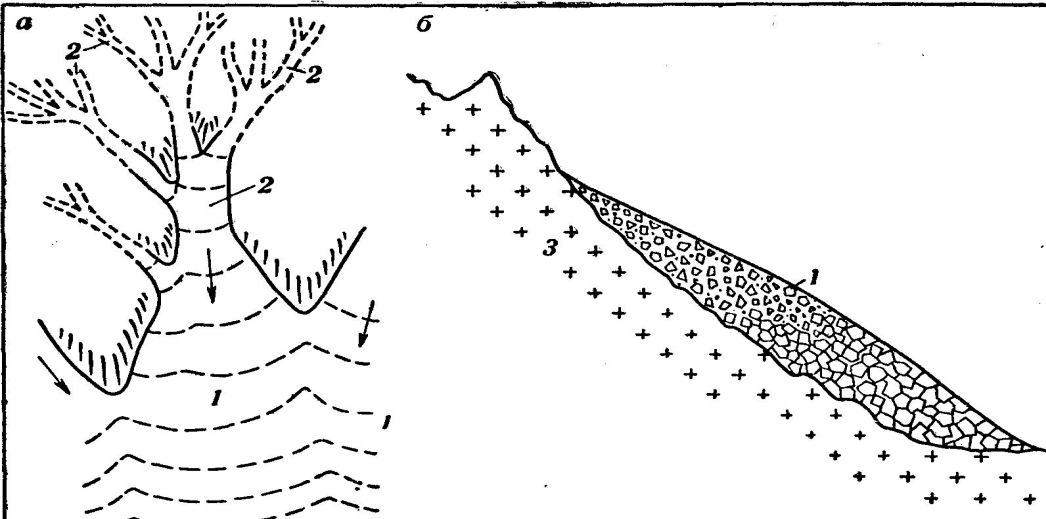
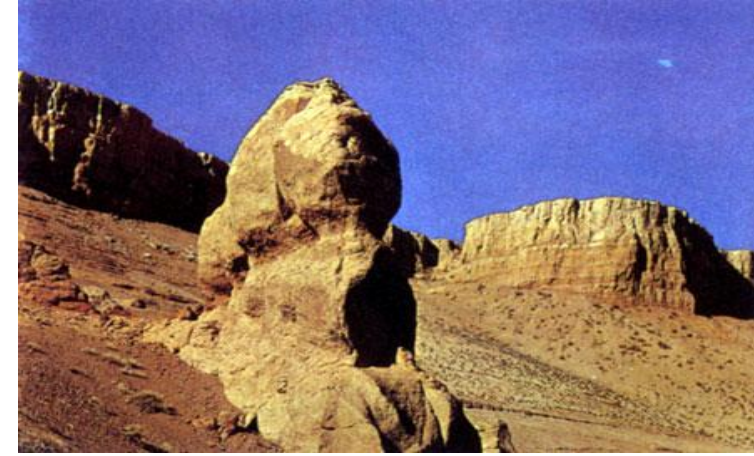


Схема строения осыпи: а — в плане, б — в разрезе. 1 — осыпной шлейф; 2 — осыпные лотки; 3 — скальные породы; стрелки — направления осыпания обломков; пунктир — условные горизонтали.



Движение обломков на осыпных склонах продолжается до тех пор, пока уклон поверхности не станет меньше угла естественного откоса. С этого момента начинается аккумуляция обломков, формируется *конус осыпи*. Формируются отложения, которые называют *коллювиальными* (colluvio — скопление). Коллювий отличается плохой сортировкой материала. При сильных ливнях стекающие по склону осыпей потоки воды подхватывают и приводят в движение не только мелкие частицы, но и дресву, мелкий щебень. Возникает грязекаменная масса — *микросель*. При незначительном изменении уклона микросель отлагает несомый материал в виде небольшого «языка» с расширенной и утолщенной частью в основании. Такие как бы застывшие в своем движении «потоки» нередко можно видеть в нижних частях и у подножья склонов сразу после ливня. В этом процессе примерно равное участие принимают силы гравитации и текущей воды.

- **7.1.3. Лавинные склоны.** Скользящие и низвергающиеся вниз со склона снежные массы называют *лавиной*. Лавины — характерная особенность горных склонов, на которых образуется устойчивый снежный покров. Лавины - это сход снежной массы каменно-глыбового состава или просто снежная масса, которая характерна для высокогорных районов с наиболее высоким количеством атмосферных осадков. Обычно лавины формируются в тех участках, где сильно расчленён микро и мезорельеф, особенно “воронки”, “карманы” и др., то есть там, где имеются условия для формирования и накопления снега. Площади лавиносбросов различны и нередко достигают 2 - 3 км². Основными факторами лавинообразования являются снегопады, связанные с прохождением циклонов, резким колебанием температуры и иногда землетрясения. *Лавинные лотки* — крутостенные врезы отшлифованными склонами и лишёнными растительности. В поперечном сечении они имеют нередко корытообразную форму. Продольный профиль лотков может быть ровным или с



Конусы выноса лавин состоят из снега, смешанного с обломочным материалом.

Материал, вытаявающий из скапливающийся из года в год у лотков, образует большую толщу, которую часто называют «мусором».

Конусы выноса состоят из обломочного материала и большого количества лотков — обломков деревьев, дерна и т.д. Конусы выноса образуются в результате лавинных конусов выноса из-за

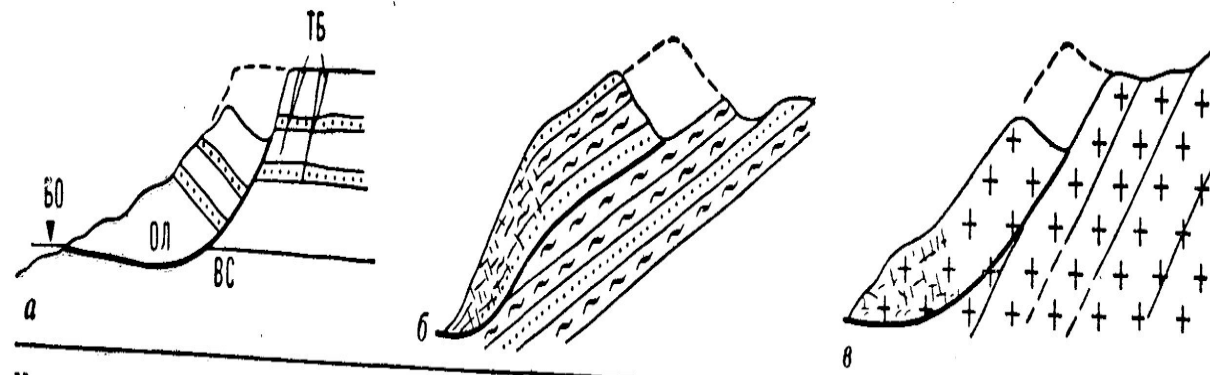
неравномерного содержания обломочного материала в снежной массе лавины неровная, бугристая. При движении лавин по ровной или слегка наклонной поверхности дна долин иногда наблюдается выпахивание аллювия. В результате создаются гряды, похожие на снежные валы, образующиеся после прохода снегоочистительного клина.

7.1.4. Оползневые склоны. В отличие от рассмотренных выше процессов при оползании происходит перемещение монолитного блока породы. Процессы оползания всегда гидрогеологически обусловлены. Они возникают в случае, если водопроницаемые породы подстилаются горизонтом водоупорных пород, чаще всего глин. Водоупорный горизонт при этом служит поверхностью скольжения, по которой более или менее значительный блок породы соскальзывает вниз по склону. Встречаются громадные оползни, захватывающие сотни тысяч кубических метров породы, которых не превышает нескольких десятков кубометров. Оползни имеют большое инженерно-геологическое значение. Они развиваются нередко в местах чрезвычайно важных для жизни человека — по берегам крупных рек и морей и представляют серьезное препятствие для строительства зданий и дорог

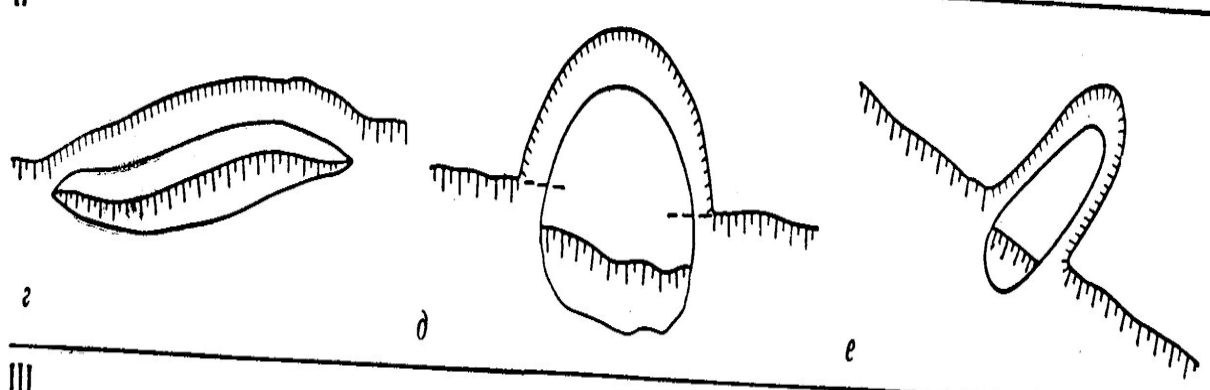


- Причинами образования оползней могут быть:
- 1) быстрое возникновение крутых склонов (например, при подмыве их рекой, морем);
- 2) присутствие водоносных и водоупорных (глинистых) слоев, обуславливающих повышение влажности пород и тем самым уменьшающих внутреннее трение с возникновением поверхностей облегченного скольжения, по которым и происходит срыв вышележащего блока;
- 3) геологическое строение — расположение слоев, крупных тектонических трещин и в особенности наличие глинистых пород, пластичность которых резко возрастает при увлажнении;
- 4) большая высота склона, обеспечивающая минимальный вес горных пород, необходимый для отрыва блока.
- Оползанию способствует и переувлажнение пород склона водами атмосферных осадков, образование при быстром развитии крутых склонов продольных к ним трещин бортового отпора (отседания), обусловленных силами упругого последействия, связанными с разгрузкой от давления уничтожаемых денудацией толщ. Важна роль деятельности человека: строительство зданий вызывает перегрузку склонов, прокладка оросительных каналов ведет к смачиванию и оползанию.

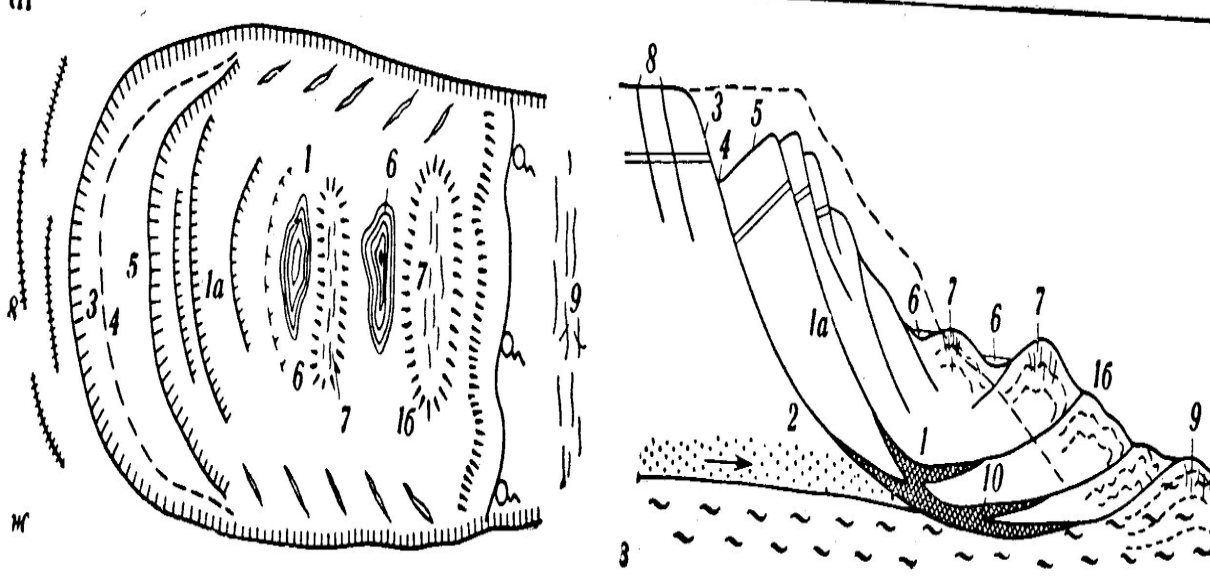
- При оползании формируется определенный комплекс форм рельефа: *оползневой цирк*, ограниченный *стенкой срыва оползня* (оползневым уступом), *оползневой блок*, характеризующийся в большинстве случаев запрокинутостью верхней площади (оползневой террасы) в сторону оползневого склона и крутым *уступом*, обращенным в сторону реки, моря или озера по направлению движения оползня. Оползни описанного типа встречаются наиболее часто. Их называют *блоковыми* или *структурными*. Кроме них встречаются и другие виды оползней, например, оползни-сплывы. *Оползни-сплывы* — мелкие формы оползневых деформаций, возникающие на склонах средней крутизны ($15—30^\circ$). Они образуются за счет сплыва рыхлого материала по поверхности скальных пород или мерзлых грунтов и захватывают толщу мощностью от 2 до 5 м. В результате на склоне образуются линейно вытянутые полосы, глубина которых соответствует мощности оползшего слоя, а у подножья склона нагромождаются массы сплывшего материала с беспорядочной бугристой поверхностью
- *Оползни-оплывины*, представляющие собой мелкие блоковые оползни, захватывающие толщи пород от 0,3 до 1,5 м. Ведущее значение в их образовании имеет увлажнение верхнего горизонта рыхлых осадков, слагающих склоны, иногда только



Рельеф и строение оползней. I - виды поверхностей оползания (показаны жирной линией): а - динамическая, б и в - predetermined. БО - базис оползания, ВС - водоупорный слой, ОЛ - оползневое ложе, ТБ - трещины бортового отпора. II -



виды оползней по форме поверхности оползания в плане: г - линейный, д - циркообразный, е - ложкаобразный; III - схема строения детрузивного оползня: ж - в плане, з - в разрезе: е - тело оползня: 1а - тыловая и 1б - лобовая (фронтальная) части; 2 -



оползневое ложе; 3 - стенка отрыва, 4 - оползневая западина, 5 - оползневая терраса, 6 - озерца, 7 - бугры выпирания с трещинами и оползневыми складками, 8 - трещины бортового отпора; Р - внешняя гряда выпирания с трещинами, 10 - брекчии и глины трения; стрелка - направление стока подземных вод; пунктир - первоначальная форма склона

- По характеру движения блоков оползни подразделяются на соскальзывающие и выталкивающие, или *деляпсивные и детрузивные*.
- **Деляпсивные оползни** развиваются путем свободного скольжения блоков под действием своего веса при сравнительно ровной поверхности склона и положении базиса оползания на уровне подошвы склона или выше нее. Обычно эти оползни возникают в нижней части склона. **Детрузивные оползни** бывают более крупными и возникают чаще в верхней части склона. Базис оползания располагается ниже уровня лежащих впереди горных пород, которые при оползании выталкиваются. Тело оползня при этом в нижней части оказывается интенсивно разрушенными. Кроме того бывают оползни смешанного типа, когда при наличии более пологой нижней части склона сползающий блок лишь толкает перед собой нижняя часть оползневого тела.
- Горные породы оползневого тела образуют оползневые или деляпсивные отложения, представляющие собой очень своеобразный генетический тип. В тыловой части оползня они обычно сохраняют облик коренных пород склона. Ниже возникают сложные оползневые складчатые дислокации, блоки приобретают

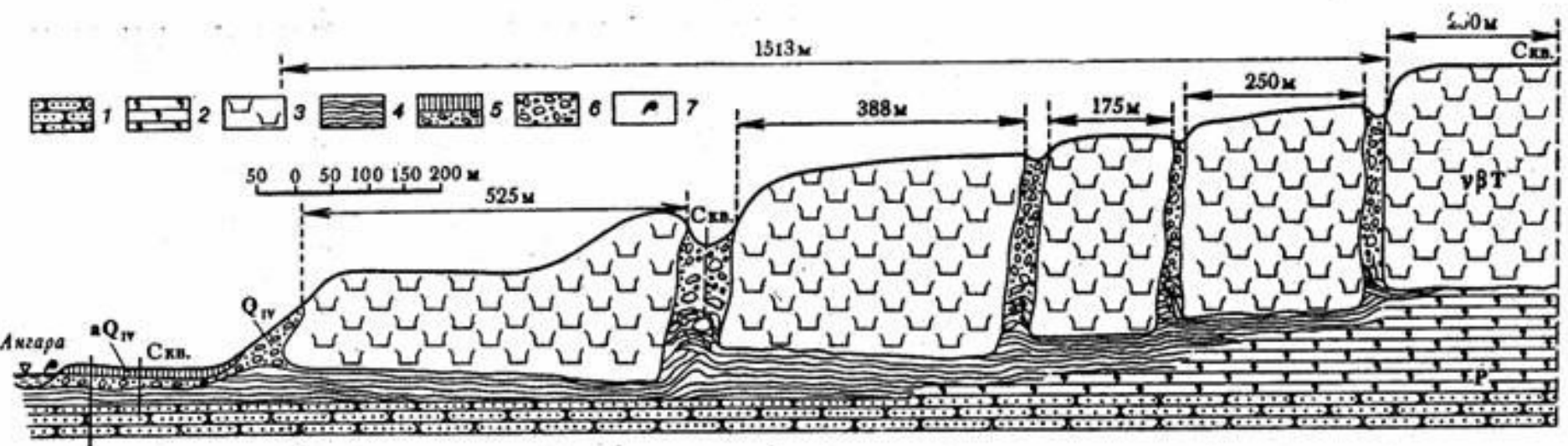


Схема развития оползней выдавливания на склонах р. Ангары (по Г. Б. Пальшину). 1 — песчаники карбона; 2 — алевролиты и аргиллиты карбона; 3 — интрузия траппов; 4 — глинистые породы в зоне пластических деформаций; 5 — аллювий; 6 — щебнистая осыпь — сверху и выдавленные глинистые массы внизу; 7 — родники

• **7.1.5. Делювиальные склоны.** Водно-склоновые процессы связаны с проявлением плоскостного смыва продуктов выветривания и разрушением склонов мелкими временными струями воды. Оба эти процесса очень тесно связаны и обычно рассматриваются вместе как процесс склонового смыва. Поскольку важным результатом его является образование делювиальных отложений, его называют также **делювиальным процессом**. Кроме того на склонах периодически образуются и более крупные ручьи. Возникает другая форма смыва — склоновая эрозия или мелкоовражный размыв.

• **Склоновый смыв** обусловлен деятельностью дождевых и талых снеговых вод, стекающих по поверхности склонов. Наиболее интенсивно он протекает в условиях слабого развития растительности в областях семиаридного климата. Деятельность текучих вод на склонах принимает различные формы в зависимости от крутизны склона. На пологих склонах с уклоном до 5° проявляется плоскостное действие текущей по поверхности воды без каких-либо русел. Перемещается только самый мелкий материал, так как мощность струек крайне невелика. На более крутых склонах разрушительная способность струек воды возрастает, в связи с чем они начинают врезаться в поверхность склона. Возникает

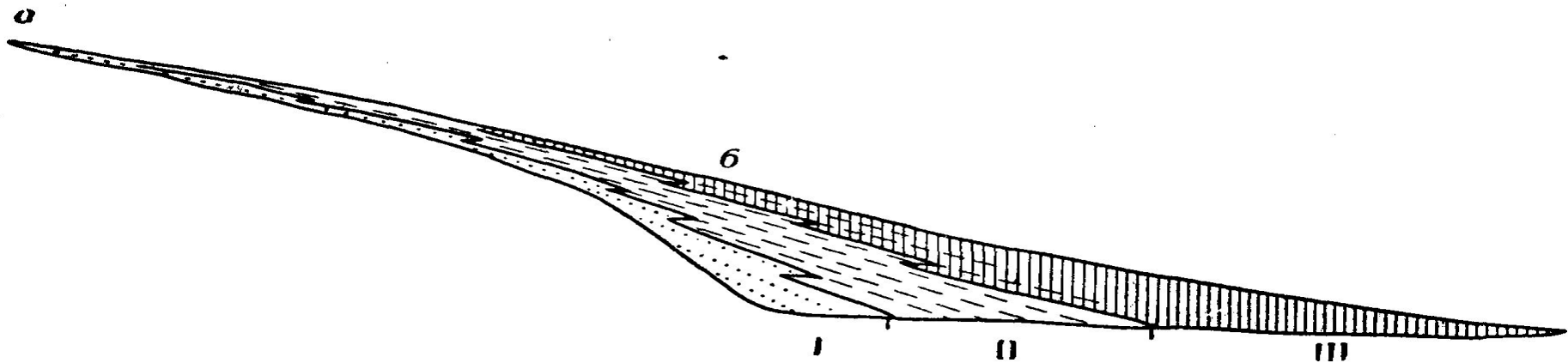
- Постоянное перемещение мелких рытвинок вызывает в целом плоскостное разрушение склона, общее и равномерное понижение его поверхности. Следовательно, обе описанные формы стока ведут к **плоскостному смыву**. Верхняя часть склона при этом разрушается, нижняя — погребается в продуктах выноса. Переносимый материал откладывается, попадая на более пологие участки склона, образуется аккумулятивный шлейф, верхний край которого поднимается вверх по склону, способствуя его выравниванию.
- Процесс ведет к выполаживанию склонов, к сглаживанию и срезанию выпуклостей. Однако в зависимости от прочности пород это происходит очень неравномерно. Прочные горные породы значительно медленнее разрушаются и обычно образуют выступы, слабые наоборот — выполаживаются быстрее. Здесь создаются **ложбины** с более пологим скатом. В ослабленных сильно трещиноватых зонах развиваются более глубокие **рытвины**. В условиях еще более крутых склонов с уклоном $20\text{—}30^\circ$ сток концентрируется лишь по немногим более крупным рытвинам, быстро перерастающим в **промоины** и в **мелкие овраги**. Развивается **склоновая эрозия**. В особенности большое значение приобретает она на горных склонах, где овражное расчленение становится основным процессом их разрушения.
- Интенсивность склонового смыва в большой степени зависит от процессов выветривания, рыхлые продукты которого удаляются смывом



• Денудационные формы рельефа, возникающие при склоновом смыве, очень разнообразны. На равнинах в однородных породах образуются сглаженные склоны смыва, очень постепенно переходящие в водораздельные равнины. При неравномерной прочности пород присутствуют **останцовые выступы и ложбины стока — дели**.

• Все эти денудационные формы бывают обычно скрыты маломощным покровом элювия и делювия и постепенно сливаются с рельефом аккумулятивного шлейфа в нижней части склона. В результате склоновой эрозии образуются рывины, промоины, мелкие овраги. Все они направлены по линии наибольшего ската, очень слабо извилисты в плане. Характерно снижение высоты бортов этих ложбин вниз по склону до их полного исчезновения и почти прямая или слабо вогнутая форма продольного профиля.

• В нижней части склонов и у подножий образуются аккумулятивные **делювиальные шлейфы**. Они имеют плоскую поверхность, полого спускающуюся ко дну долины, и отличаются слабо вогнутым поперечным профилем



- **Строение делювиального шлейфа:** а — склон смыва; б — делювиальный шлейф; фация: I — присклоновая, II — срединная, III — низовая.
- В начальной стадии склонового смыва более активно развиваются отдельные конусы выноса, образующиеся в устьях более крупных рытвин и промоин. Однако они быстро погребаются в общем едином аккумулятивном шлейфе.
Делювий представляет собой отложения склонов и их подножий, возникшие в процессе плоскостного смыва при действии непостоянных безруслowych струек дождевых и талых вод. Он характеризуется мелкоземистостью, местами тонкой наклонной слоистостью, а также плащеобразным залеганием. В составе делювия преобладают суглинки и супеси, в большей или меньшей степени обогащенные песком, а иногда дресвой или даже мелким щебнем. Сортировка материала выражена слабо.

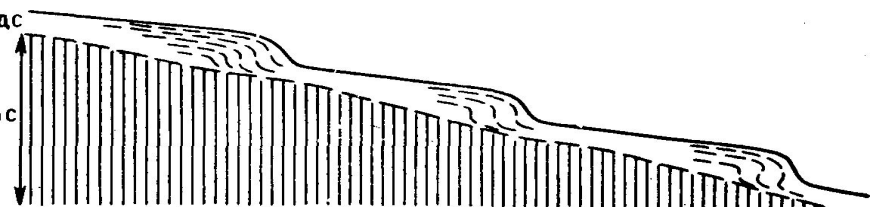
- В строении делювия выделяются три фации: присклоновая (I), обогащенная более крупным обломочным материалом; срединная (II), отличающаяся более отчетливой слоистостью, связанной с неустойчивым тут режимом стока, и периферическая или низовая (III), сложенная наиболее тонким материалом.
- Слоистость в делювии имеет наклон параллельно поверхности шлейфа. Выражена она прослойками песчано-дресвяного материала или чередованием суглинков разного тона окраски и разного механического состава. Мощность делювия в верховой части шлейфа очень мала (1—2 м), затем резко увеличивается, и над погребенной подошвой склона достигает максимума (10—15 м), а в низовой части шлейфа уменьшается до нуля. При одновременном накоплении делювия и пойманного аллювия низовая часть шлейфа редуцируется и делювиальные отложения средней части шлейфа фациально переходят в аллювий. Делювий имеет площадное распространение. Он не связан с линейными (ручьевыми) потоками. В этом его кареющее

- Делювий широко распространен на равнинах, но встречается и в горах, где он приурочен к более пологим склонам. В горах характерно его смешение с другими генетическими типами отложений — с осыпями, с пролювием и т. д. Иногда они картируются под общим названием «**коллювия**», т. е. отложений подножий. Недопустимо называть эти смешанные отложения делювием, так как они резко отличаются от делювия по своим инженерно-геологическим свойствам.
- В результате склоновой эрозии образуется склоновый пролювий — отложения мелких конусов выноса у устьев промоин на склоне. Он сложен дресвой и щебнем в обильном землисто-суглинистом цементе. Конусы выноса сближенных промоин постепенно сливаются и вместе с делювием образуют единый шлейф коллювия смыва.
- В целом делювиальные склоны характеризуются очень сглаженными выпукло-вогнутыми формами с широким развитием в равнинных условиях аккумулятивных шлейфов. Образование делювия ведет к смягчению форм и общему выполаживанию рельефа.

- **7.1.6. Солифлюкционные и дефлюкционные склоны.**
Солифлюкция представляет собой процесс медленного течения поверхностного выветрелого слоя горных пород под влиянием силы тяжести и увлажнения. Наиболее характерно и типично выражена солифлюкция в условиях многолетней мерзлоты. Кроме того, солифлюкция проявляется в областях сильного увлажнения поверхностного грунта, в особенности в зоне влажного тропического климата (тропическая солифлюкция).
- Развитие мерзлотной солифлюкции связано с возникновением во время теплого сезона оттаивающего деятельного слоя, насыщенного водой, в котором разрыхленная поверхностная часть горных пород, переувлажненная до вязко-текучей консистенции, приходит в состояние вязкого течения. С повышением температуры количество влаги в грунте непрерывно увеличивается за счет таяния мерзлоты. Кроме того, из-за суточных колебаний температуры возникает интенсивное морозное выветривание, воздействие которого способствует образованию

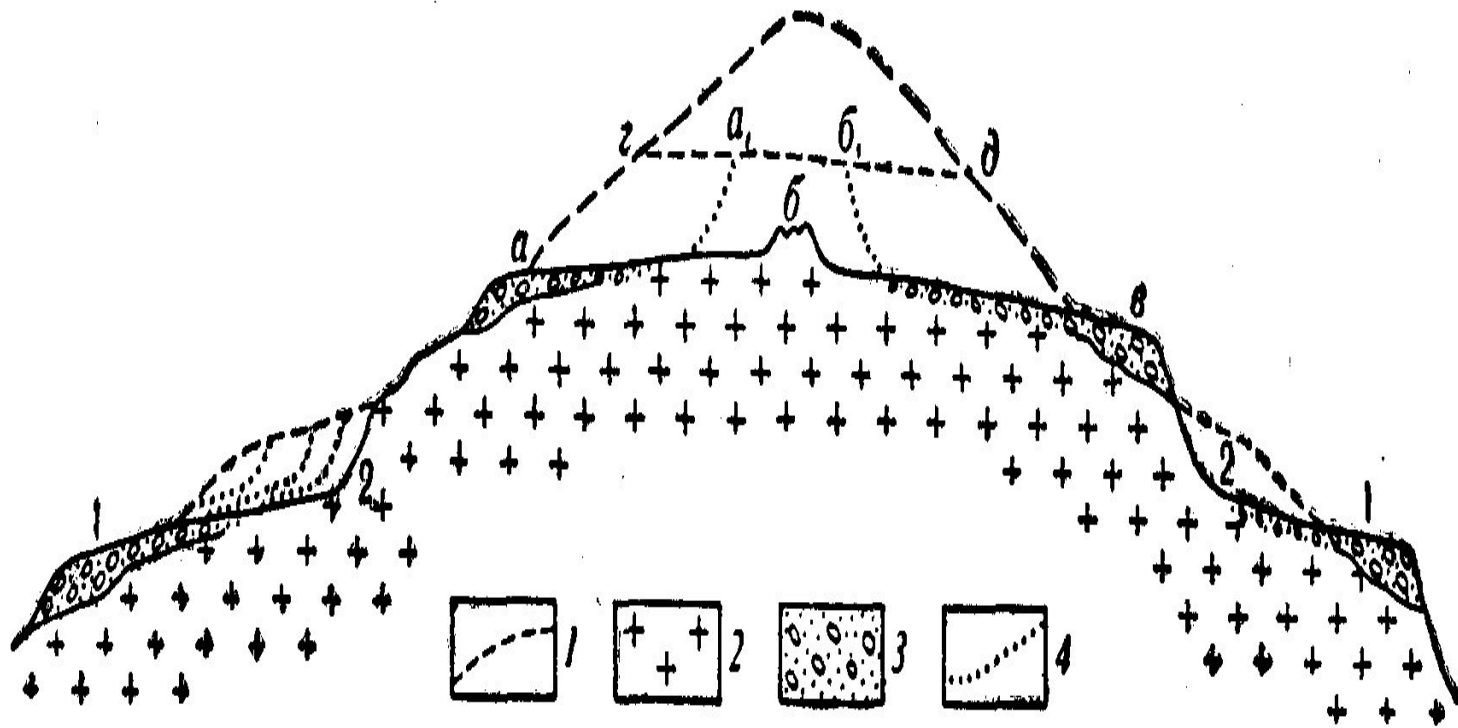


Солифлюкционные террасы на склоне и их строение. дс — деятельный слой, мс — мерзлотный слой



- Перемещение грунта начинается уже при уклонах в $2-3^\circ$ и наиболее активно идет на склонах с уклоном $5-20^\circ$. Скорость движения при солифлюкции очень мала и обычно измеряется сантиметрам, редко — первыми метрами за сезон.
- Солифлюкционный рельеф и отложения его распространены очень широко. Главная область их распространения — север и восток Сибири, Забайкалье, северо-восток Азии. Кроме того, солифлюкция встречается в горах, а следы древней солифлюкции имеются всюду в

- Солифлюкция часто сопровождается **нивацией** — процесс, связанный с подтаиванием скоплений снега — снежников и включающий дробление горных пород, вследствие морозного выветривания, и вынос размельченного материала талыми водами и солифлюкцией. Описываемые процессы имеют большое значение для всевозможного строительства и проведения геологоразведочных работ в зоне мерзлоты, влекут за собой важные последствия для геологического картирования и поисков.
- Формы рельефа, развивающиеся при солифлюкции и нивации в зоне денудации, имеют сложное происхождение и обусловлены совместным действием морозного выветривания, солифлюкции и нивации. Наиболее крупными формами являются нагорные террасы. На месте снежника с нагорной стороны возникает крутая стенка в скальных породах — снеговой (морозный) забой, в результате физического выветривания смещающийся в сторону склона. Ниже забоя разрастается пологая площадка — поверхность террасы, в верхней части врезанная в скальных породах, а в нижней части сложенная солифлюкционными отложениями и материалом, снесенным талыми водами.



• **Схема строения нагорных (гольцовых) террас и образования поверхности нивального выравнивания.** 1 — первоначальная форма возвышенности; 2 — скальные породы; 3 — обломочный материал; 4 — стадии отступления уступа нагорной террасы. Нагорные террасы (1) и снеговой (морозный) забой (2); *абв* — поверхность нивального (гольцового) выравнивания; *ГД* — положение древней поверхности выравнивания; *а₁б₁* — тумп (останец верхней поверхности в процессе развития нижней поверхности выравнивания); *б* — скалистые останцы разрушения тумпа.

- Ширина площадок террас достигает десятков метров, уклон их 3—5°, высота может быть до 10 м, но обычно невелика. Нагорные террасы, разрастаясь, срезают вершину, сливаясь в единую плоскую поверхность (рис. 88). В областях нивального климата этот процесс является важным фактором выравнивания рельефа. В условиях, когда вершины гор сложены особо крепкими массивными породами, высота и протяженность морозобойных стенок может резко возрасти. Таково происхождение многих обрывов гольцовых вершин в Сибири.
- В зоне солифлюкционной аккумуляции возникает бугристый рельеф. При увеличении уклона и более однородном составе грунта образуются солифлюкционные террасы. В плане они каплеобразные с уступами в виде фестонов и плоской наклонной поверхностью, которая обычно на 5—10° положе склона. Наиболее крупной аккумулятивной формой являются **солифлюкционные увалы**, образующиеся у подошвы склона, где сгруживается главная масса солифлюкционных отложений.

- *Солифлюкционные отложения* при сравнительно пологих склонах и медленном оплывании в ходе постоянного морозного выветривания сильно измельчаются и представлены суглинками, всегда содержащими щебенку и мелкие глыбы более прочных пород. В зоне активного стока в этом материале нередко наблюдается полосчатая текстура течения. В увалах полосчатость исчезает. Преобладают суглинки с беспорядочно распределенными щебнем и глыбами.
- Для солифлюкционных отложений характерны различные мерзлотные явления — криотурбации (кипуны), клиновидные тела, каменные полигоны. Внешними признаками солифлюкции являются также покосившиеся деревья, сооружения и столбы на склонах, деформации дорог. На аэроснимках бывает заметна полосчатость, вытянутая поперек склона.



вершенно особый тип
ований возникает на
к массивными гранитами,
угими породами, дающими при
лыбовую отдельность. На
тятся развалы каменных глыб,
вниз по склону и называемые
(тски камень). На пологих

водоразделах они образуют целые поля — «**каменные моря**»,
ниже по склону разбивающиеся на полосы - «**каменные реки**»,
подчиненные ложбинам на склоне. У подножий каменные
потоки нередко сливаются, образуя обширные **глыбовые
россыпи**.

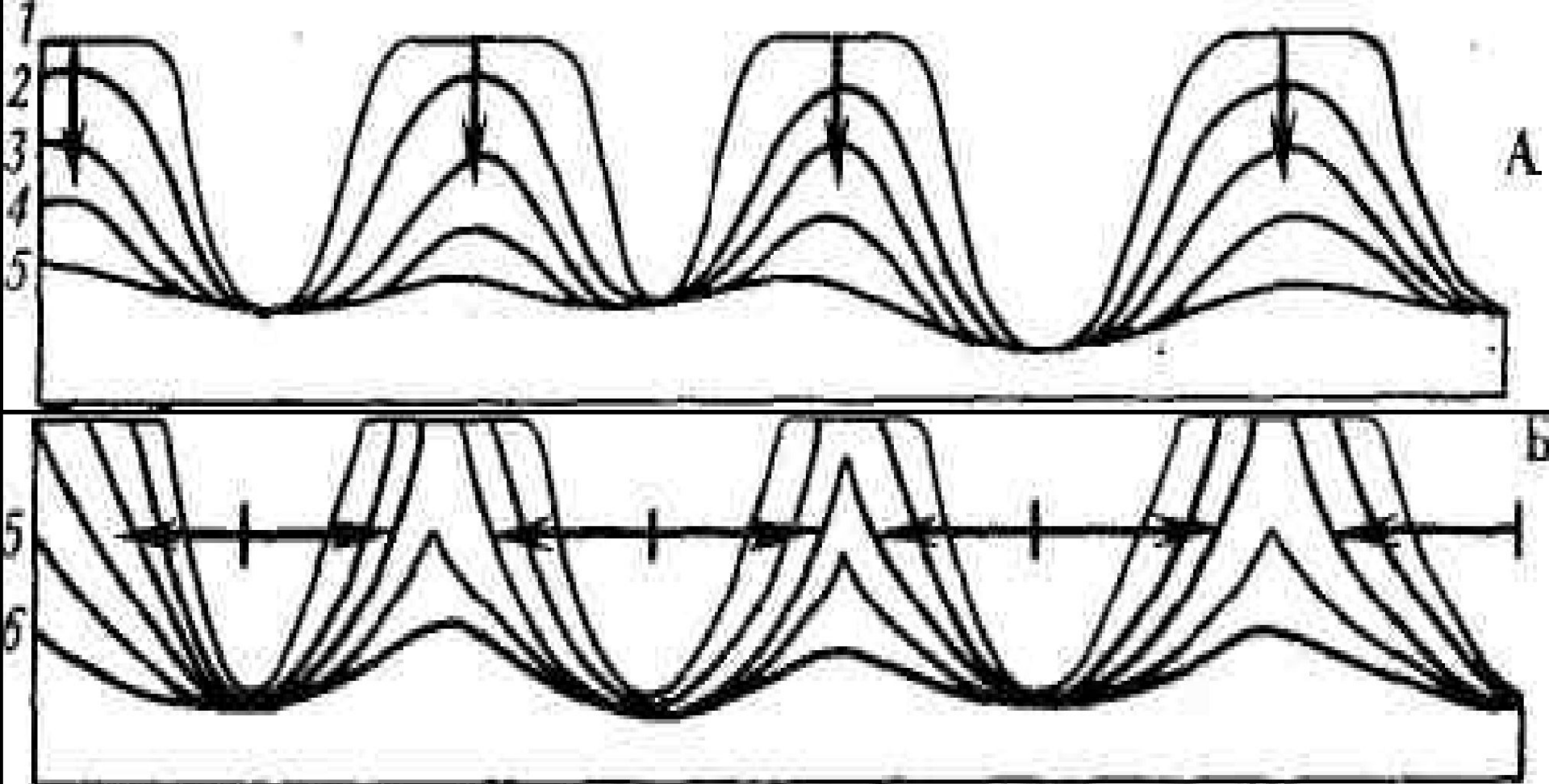
При смещении материала играют роль температурные
колебания и сезонное оттаивание деятельного слоя,
облегчающие смещение глыб. В связи с этим движение глыб
идет и на очень пологих склонах с уклоном не более 2—3°.
Скорость движения составляет от 5 до 150 см в год, сильно
увеличиваясь в середине потока.

- **Тропическая солифлюкция** в условиях жаркого влажного климата осуществляется существенно иначе. Тут происходит вязко-пластичное течение переувлажненного грунта, чему способствует обилие влаги и быстрое выветривание, дающее большое количество глинистого материала.
- **Дефлюкция** представляет собой движение вязко-пластичной массы грунта на склонах под влиянием силы тяжести и умеренного увлажнения. Скорости движения измеряются долями миллиметров в год. Из-за крайней медленности этого процесса он может играть существенную роль лишь на древних склонах. С этим процессом связано массовое смещение грунта к подножью склона и такое явление, как изгиб слоев, жил, поверхностей разрывов вниз по склону.
- Характер и интенсивность описанных выше процессов меняется не только в пространстве, но и во времени. Так, летом при отсутствии дождей делювиальные процессы прекращаются совсем, а скорость дефлюкционного перемещения склоновых отложений резко уменьшается вследствие их сухости. При ливневых дождях или интенсивном весеннем снеготаянии резко возрастает роль делювиального смыва, увеличивается скорость дефлюкционного перемещения склоновых отложений. При значительном насыщении материала осыпей влагой (при затяжных дождях или весеннем снеготаянии) к делювиально-дефлюкционным процессам, обычным для этих частей склонов, могут прибавиться оползни, сплывы.

• **7.2. Возраст склонов.** Подобно определению возраста рельефа определение возраста склонов представляет большие затруднения. Обусловлено это тем, что на любом первично возникшем склоне постов явно идут те или иные склоновые процессы, меняющие облик склона. Поэтому, когда мы говорим о возрасте склона, речь идет о времени действия того агента, который создал основные морфологические особенности первичного склона. Для склонов эндогенного происхождения это время проявления того или иного типа тектонических движений или магматизма, для экзогенных — время действия одного из экзогенных агентов. Проще решается вопрос о возрасте склонов аккумулятивных форм рельефа. Определив тем или иным путем возраст осадков, слагающих аккумулятивную форму, решается вопрос о возрасте ее склонов. Труднее обстоит дело с определением возраста денудационных склонов. Он может быть определен или по возрасту коррелятивных (склоновых) отложений, если таковые сохранились, или по соотношению форм рельефа, возраст которых известен. При наличии в долине реки террас возраст разных участков ее склонов может быть уточнен. Так, если в долине имеется надпойменная терраса позднечетвертичного (валдайского) возраста, то склон долины, опирающийся на ее поверхность, имеет средне- и позднечетвертичный (московско-валдайский) возраст, а склон от поверхности террасы к пойме — позднечетвертично-голоценовый.

• 7.3. Развитие склонов

- Склоновые процессы ведут к выполаживанию склонов, к сглаживанию рельефа, к плавным переходам от одних форм или элементов рельефа к другим.
- Если участок земной поверхности более или менее продолжительное время находится в состоянии тектонического покоя, выполаживание образовавшихся на нем ранее эндогенных или экзогенных склонов агентами склоновой денудации (при непременном участии выветривания) приведет к «съеданию», понижению междуречных (водораздельных) пространств и формированию на месте расчлененного участка земной поверхности невысокой, слегка волнистой равнины, которую В. Дэвис предложил назвать *пенепленом*.



• **Процесс пенепленизации по В. Девису (А) и педипленизации — по В. Пенку (Б).** Стрелками показано направление, в котором идет срезание междуречий; 1, 2, 3, 4, 5, 6 — последовательные стадии развития пенеплена и педиплена.

• Образование денудационных выровненных поверхностей происходит путем отступления склонов параллельно самим себе. Этот процесс называется *педипленизацией*, а сформировавшаяся таким образом денудационная равнина — *педипленом*.

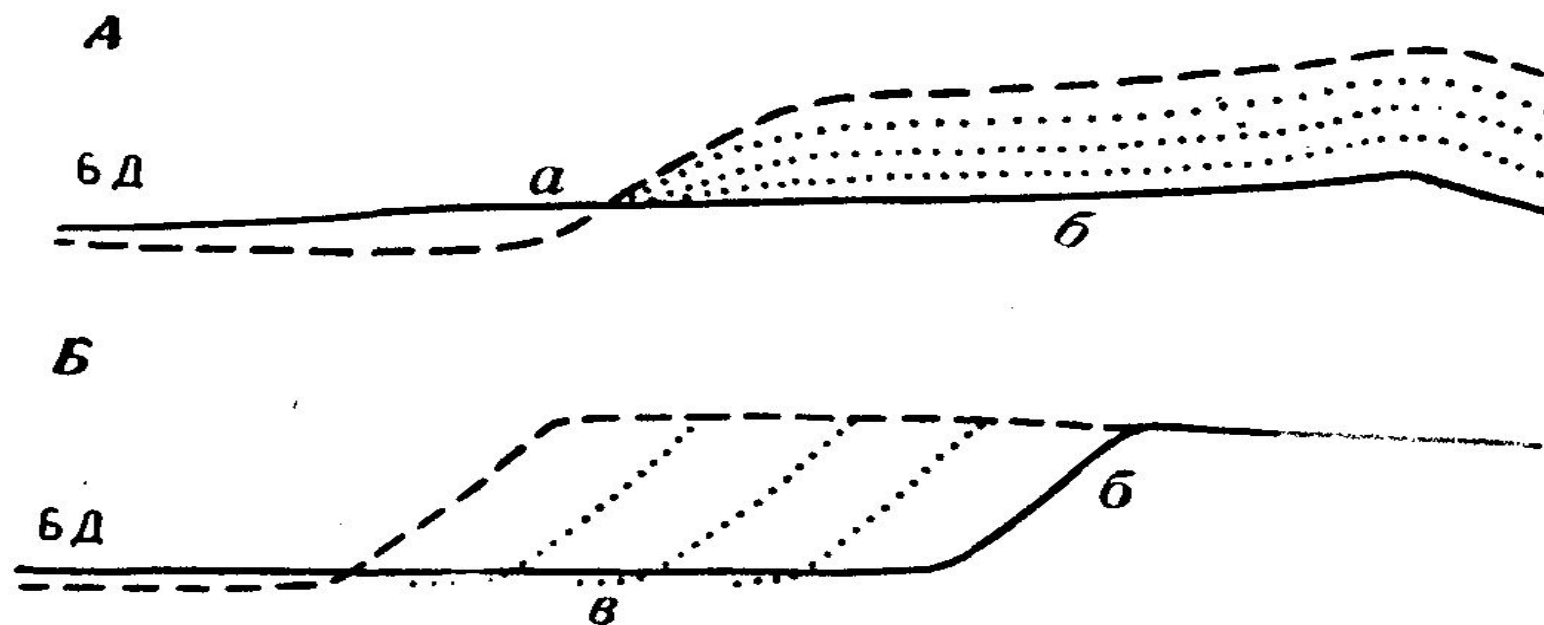


Схема развития склонов путем пенеппленизации (А) и педипленизации (Б). а - аккумулятивный склон, б - денудационный склон; в - транзитно-аккумулятивный склон; БД - базис денудации; точечный пунктир - стадии последовательного развития склона

- Простейшей формой педипленизации является образование *педиплена* — пологонаклоненной площадки (3—5°), формирующейся в коренных породах у подножья отступающего склона. Наклон площадки обусловлен особенностями образования педимента. На каждый данный момент отступления склона его подножье защищено шлейфом склоновых отложений; на каждый данный момент остается все меньшая часть склона, которая может продолжать отступление параллельно самой себе. Вместе с тем по мере отступления склона происходит постепенное удаление материала шлейфа волнистой равнины, которую В. Дэвис предложил назвать *пенепленом*.
- В результате поверхность коренных пород у подножья отступающего склона постепенно обнажается. Так в ходе описанного процесса возникает наклонная выровненная поверхность, прилегающая к подножью склона, т. е. педимент.

- Оптимальные условия для формирования пенепленов имеются на платформах со спокойным тектоническим режимом и умеренным гумидным климатом, например в центральной и северной частях Русской равнины, в юго-западной и центральной частях США.
- Для этих областей характерны длинные и пологие склоны, здесь зачастую очень трудно или даже невозможно отграничить склоны с преобладанием смыва или аккумуляции. В условиях более континентального гумидного климата Канады и Сибири развитию склонов идет по типу педиментов. Главным образом под воздействием таких процессов, как дефлюкация и солифлюкация.
- В результате процесс педипленизации протекает медленно и в настоящее время в основном находится на стадии образования педиментов. В условиях аридного полупустынного и пустынного климата развитие склонов сначала происходит преимущественно путем отступления склонов и формирования *педиментов и останцовых гор*

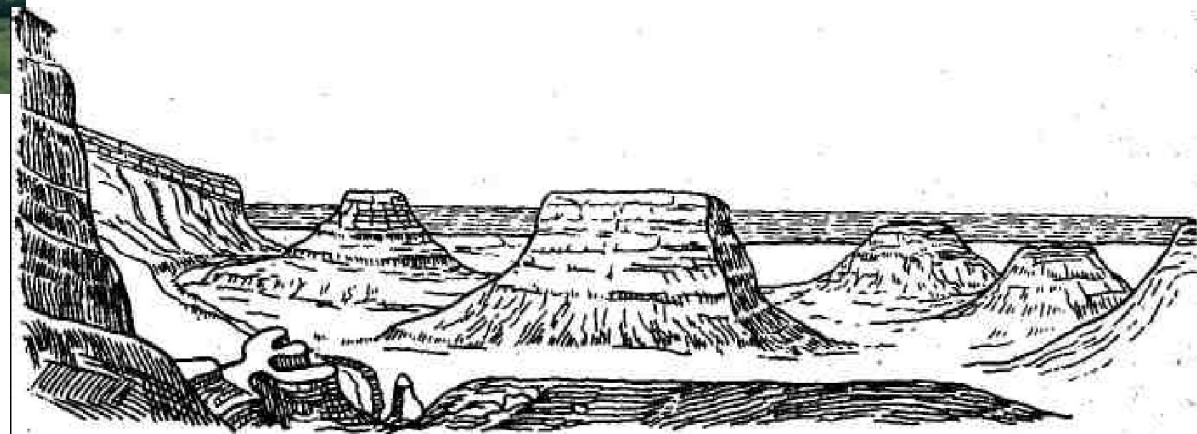


- **Педиплен с отдельными останцами**



Предгорная наклонная равнина (Чуйская равнина)

Педимент с останцовыми столовыми горами.
Берег Кара Богаз Гола:



- Для образования педипленов, представляющих собой конечный результат развития склонов в условиях тектонического покоя, наиболее благоприятны области с резкими климатическими контрастами — пустыни и полупустыни, арктическая и субарктическая зоны, а также области умеренной зоны с резкоконтинентальным климатом. В областях влажного и более равномерного умеренного климата, как и в гумидных областях тропической зоны, выравнивание идет примерно при равном участии пенеппенизации и педиппенизации.
- Образование педиментов, педипленов и пенеппенов возможно только в условиях нисходящего развития рельефа, т.е. в условиях преобладания экзогенных процессов над эндогенными. При этом происходит общее, уменьшение относительных высот и выполаживание склонов.

• При *восходящем развитии рельефа*, т. е. при преобладании эндогенных процессов над экзогенными, склоны вновь становятся более крутыми. А образовавшиеся выровненные поверхности испытывают поднятие и в течение какого-то времени, продолжительность которого определяется как площадью выровненной поверхности, так и интенсивностью последующих денудационных процессов, могут сохраняться как реликтовые формы рельефа. При неоднократной смене этапов нисходящего и восходящего развития рельефа в горных странах образуется ряд денудационных уровней, располагающихся в виде ступней или ярусов на различных высотах. Они получили название *поверхностей выравнивания*. Каждая в отдельности поверхность выравнивания может оказаться не только поднятой, но и деформированной в результате складчатых или разрывных тектонических движений.