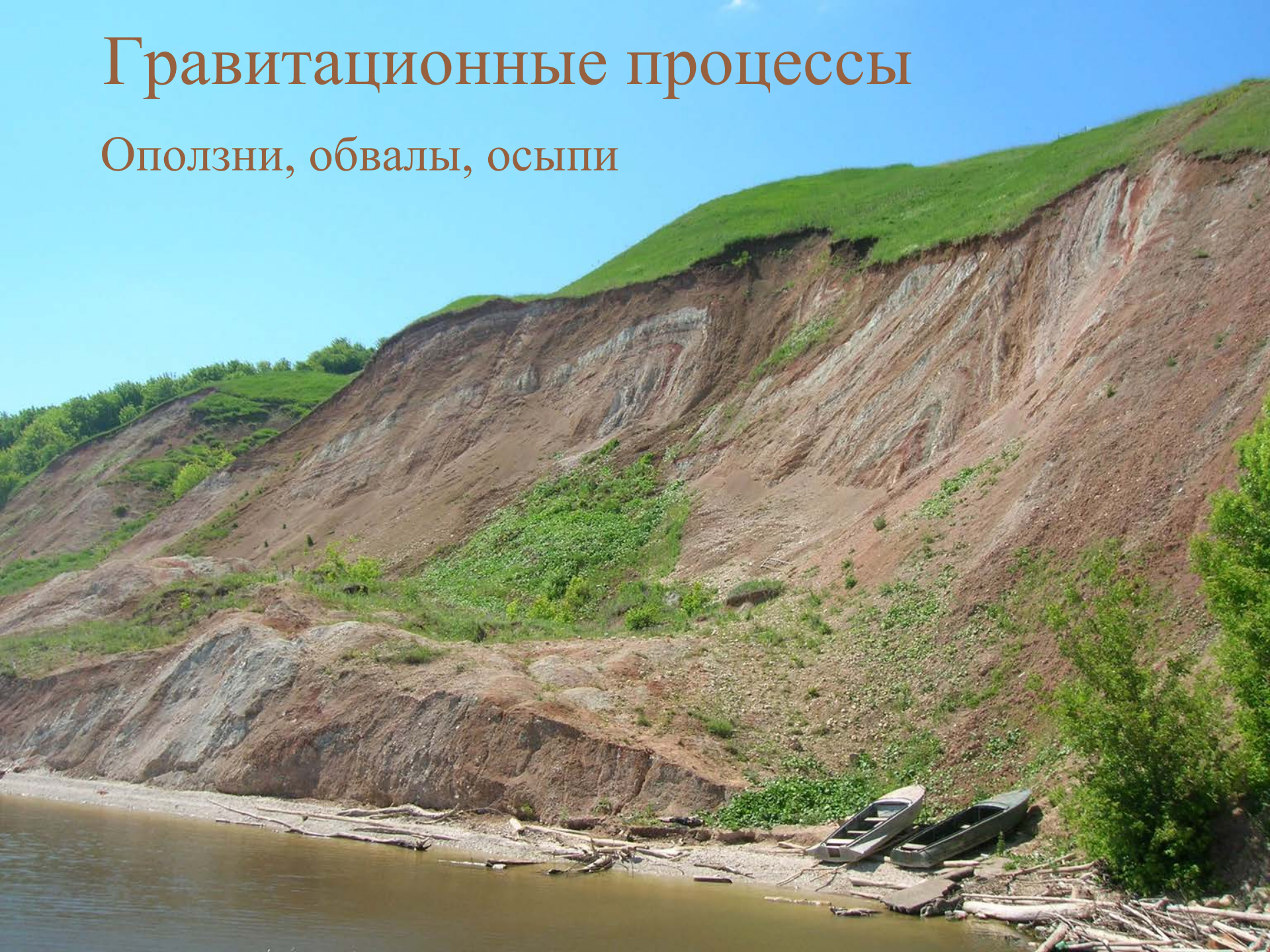
Гравитационные процессы

Оползни, обвалы, осыпи



Гравитационные процессы

Гравитационные геологические процессы, часто называемые склоновыми, выражаются в перемещении горных пород по поверхности Земли под действием силы тяжести из возвышенных участков рельефа в пониженные.

Склонами называются участки земной поверхности, имеющие относительно повышенный уклон, не менее 2°, на которых в перемещении вещества определяющую роль играет сила тяжести.

Различают склоны водораздельных плато, долин, впадин, горных вершин и хребтов. По углу склона выделяют:

- склоны очень пологие — 2—6°;
- пологие — 6—15°;
- средней крутизны — 15—30°;
- крутые — 30—45°;
- очень крутые — 45—60°;
- обрывистые — 60—80°;
- отвесные — 80— 90°;
- нависающие — более 90°.

Гравитационные процессы развиваются только на крутых склонах с углом наклона более 30°.

Характер склоновых процессов зависит от пород, которыми сложен склон, от его крутизны, от климатических условий и т.д. Если подножие склона не подмывается рекой или морем, то под действием склоновых процессов склон становится более пологим.

Одним из важнейших факторов активизации склоновых процессов являются поверхностные и подземные воды, которые вымывают и выщелачивают отдельные минералы, создавая пустоты и ослабляя связь между толщами нижележащих пород с вышележащими. Насыщая рыхлые породы вода способствует их скольжению по склону в виде вязких и жидких потоков (оплывины, сели). По роли воды гравитационные процессы подразделяются на **собственно гравитационные, водно-гравитационные, гравитационно-водные, подводно-гравитационные**

Классификация гравитационных процессов

Категория	Группа	Тип
Собственно гравитационные	Провальная	Мгновенные провалы
	Обвальная	Обвалы простые и сложные, камнепады, вывалы, осыпи
	Криповая	Просадка, крип склоновый
Водно-гравитационные	Оползневая	Оползни: глыбовые, блоковые, террасовидные, цирковидные
Гравитационно-водные	Оползне-потоковая	Оползневые потоки, оплывины, грязекаменные потоки, или сели, лахары
Подводно-гравитационные	-	Подводные обвалы, подводные оползни, мутьевые потоки

Собственно гравитационные процессы разделяются на три группы:

- провальные (1) и обвальные (2), быстро, мгновенно совершающиеся и
- медленные, именуемые крипом (3).

Предварительным условием **провальных процессов** является наличие подземных пустот и полостей. Породы, нависающие над этими полостями, проваливаются под действием силы тяжести.

Непосредственной причиной провала может служить землетрясение, взрыв, увеличение нагрузки над «крышей» провала. Часто случаются провалы в заброшенные горные выработки: шахты, штольни и т.п.

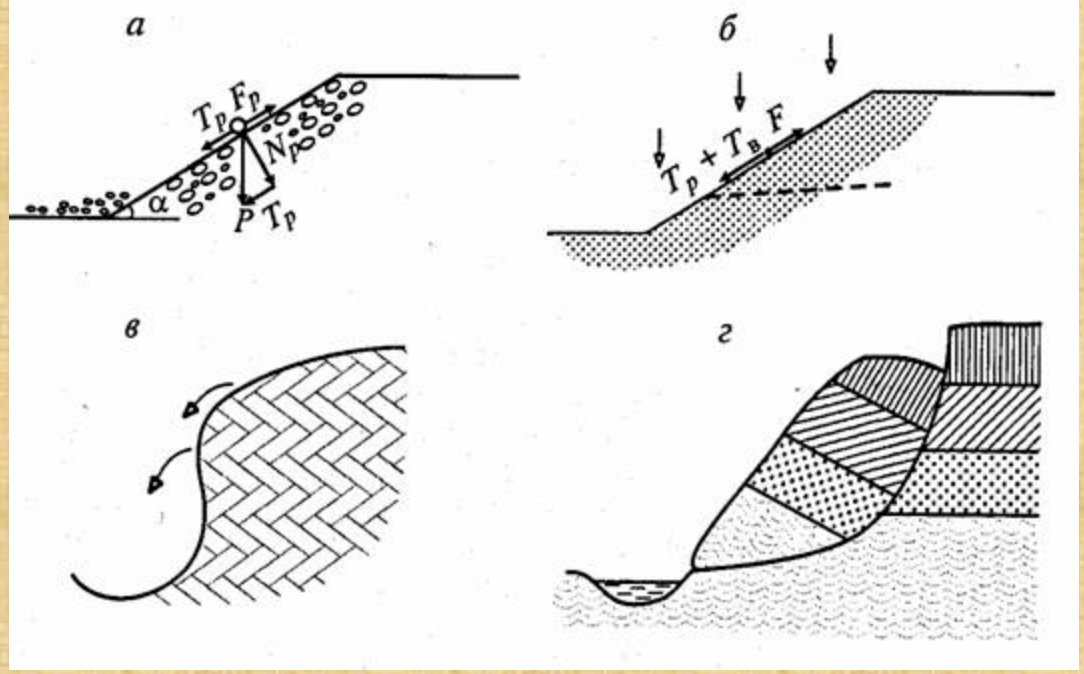
Величина смещения, размеры и форма провалов целиком зависят от объемов подземных пустот. Вследствие провалов на поверхности Земли образуются ямы, колодцы, котловины и другие отрицательные формы рельефа. В горных выработках на больших глубинах обвалы кровли не отражаются на поверхности Земли.

Вторая группа **собственно гравитационных явлений (обвальные)** развивается на отвесных обрывистых склонах.

Параллельно обрыву здесь часто закладывается система трещин отседания. Трещины под воздействием физического выветривания (при замерзании воды и др.) расширяются. Отделенный от коренного массива блок слегка наклоняется в сторону склона и под действием силы тяжести продолжает отрываться, а затем блок или его части опрокидываются на поверхность склона. Породы дробятся и на склоне возникает обвальный коллювий.

Очень часто отделившийся по трещине блок обваливается последовательными порциями. Происходит сложный многофазовый обвал.

Обвалы



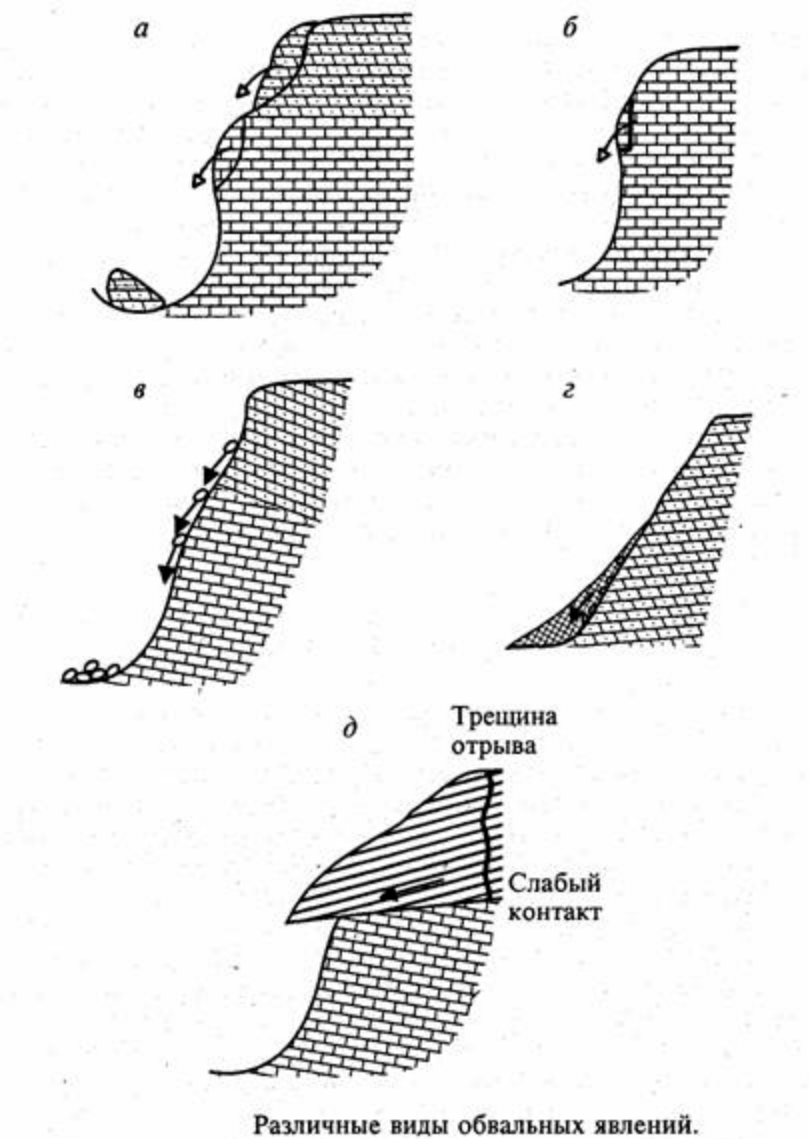
Схематическое изображение гравитационных явлений на склонах: а – осыпь, б – оплывина, в – обвал, г – оползень. Отложения у подножья склона, образованные в результате обвалов и осыпей, называются ***коллювием***

Обвал – отделение (отрыв) от массива крупного блока пород на склоне, его обрушение и скатывание в виде глыбово-щебнистой массы

Факторы формирования обвалов:

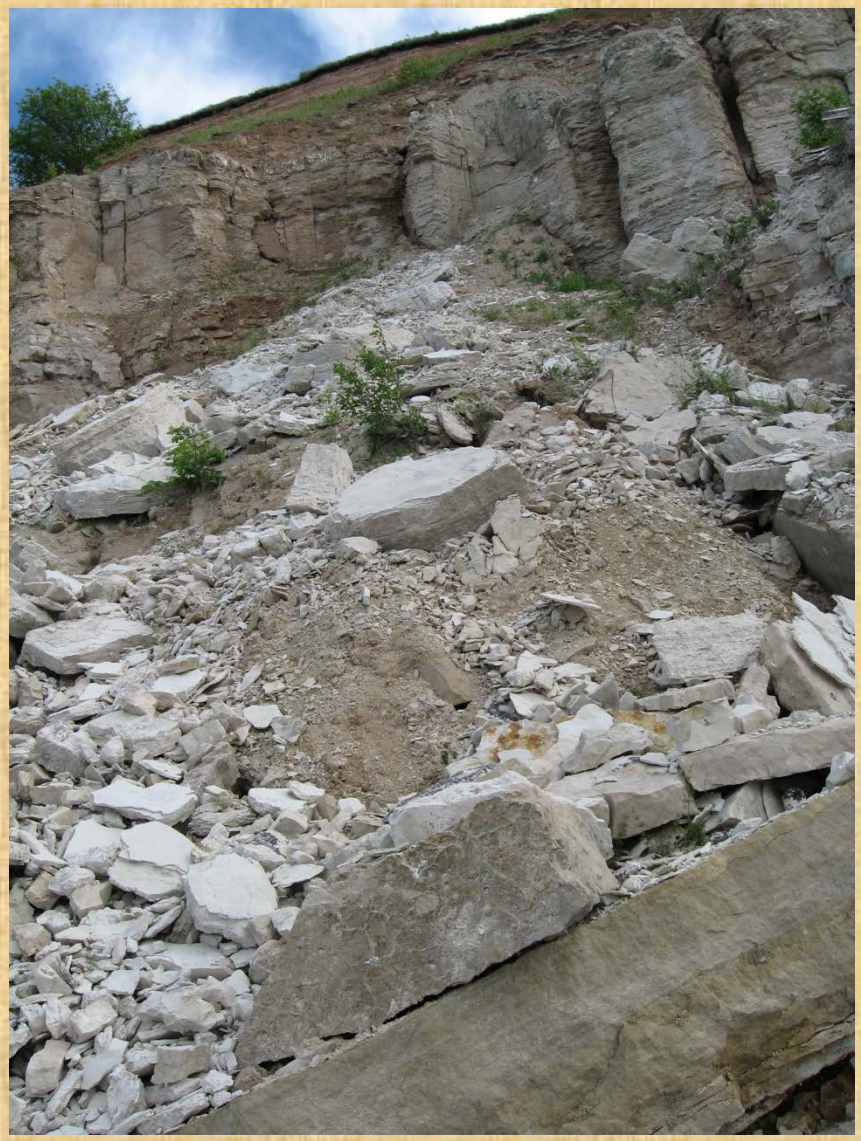
- крутые обрывы, сложенные скальными породами;
- выветрелость и трещиноватость пород;
- условия залегания (слоистость);
- характер выпадения и количество осадков;
- сейсмическая активность;
- техногенные (подрезка склонов и др.)

Обвалы



Различные виды обвальных явлений.

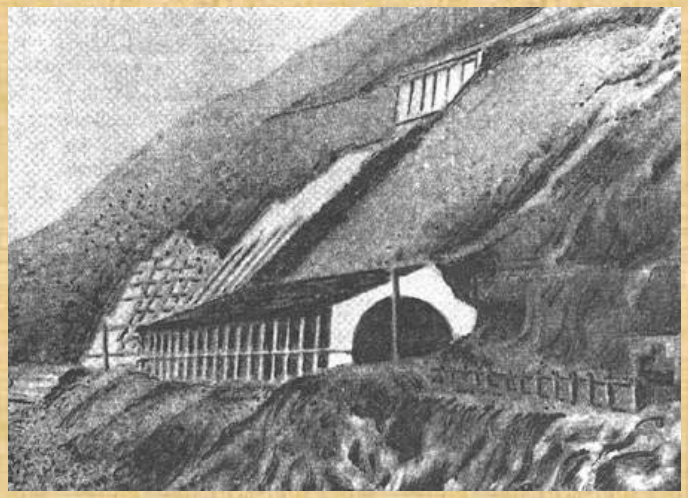
а — обвалы; *б* — вывалы; *в* — камнепады; *г* — осыпи; *д* — оползень-обвал.



Коллювий в основании берегового обрыва р. Волги, Антоновка

Меры борьбы с обвалами

- выравнивание или обрушение склонов;
- уборка опасных глыб;
- дренаж склонов;
- защитные стенки;
- защитные галереи;
- укрепление склонов



Осыпи

Осыпи - скопления обломков горных пород у основания и в нижней части крутых склонов. Образуются в результате выветривания горных пород и скатывания обломков вниз по склону. Обломки не сортированы – от песка до щебня и глыб. Движение осыпи: осыпание обломков – накопление – смещение – фиксация – осыпание… и т.д.

Факторы формирования осыпей:

•крутизна склонов больше угла естественного откоса обломков (> 30°);

•наличие крепких пород с плитчатой или слоистой отдельностью;

•климатические условия, благоприятные для физического выветривания;

•сейсмические условия;

• техногенные (подрезка склонов и др.)

Осыпные шлейфы в горной долине (Памир)

Осыпной склон оврага, Введенская Слобода (РТ)

Меры борьбы с осыпями

- Планировка склонов, их выполаживание;
- Расчистка склонов, удаление активных осыпей;
- Закрепление склонов, в том числе методами технической мелиорации;
- Строительство защитных и подпорных стенок и т.п.

Осыпные горные склоны, Памир

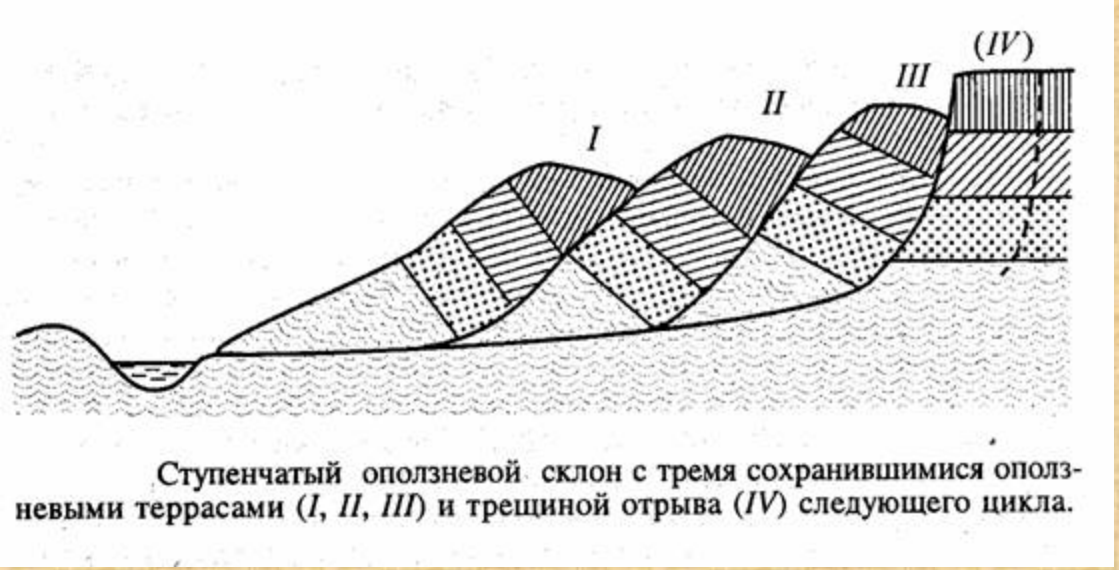
Обвально-осыпной коллювий в основании берегового обрыва р. Волги, с. Печищи

Третий тип собственно гравитационного процесса — **крип** — это медленное перемещение поверхностных дезинтегрированных отложений как в глубь Земли (глубинный крип) в виде просадок и прогибов, так и вниз по склонам возвышенностей (склоновый крип).

Крип обусловлен уплотнением рыхлых пластичных пород на глубине (лесса, глины), образованием там разуплотненного вещества вследствие таяния и замерзания воды (криогенный крип), выщелачиванием отдельных минералов, оттоком подземной воды в связи с откачками, извлечением нефти, газа и т.п. (антропогенный крип).

В результате крипа на поверхности формируются плоские блюдцеобразные котловины, оголенные склоны с холмистыми нагромождениями коллювия у их подножий и т.п.

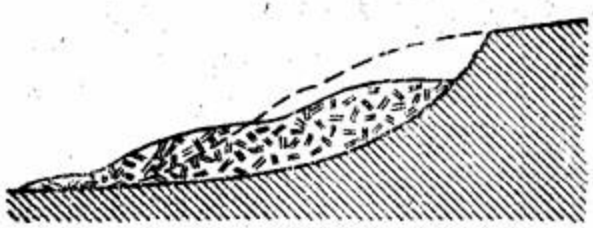
Оползни



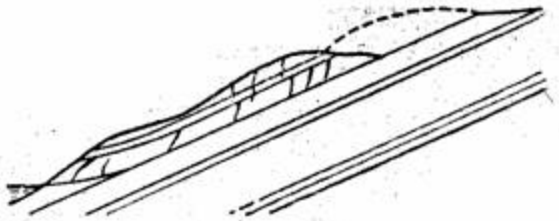
Ступенчатый оползневой склон с тремя сохранившимися оползневыми террасами (*I*, *II*, *III*) и трещиной отрыва (*IV*) следующего цикла.

Оползни - скользящее смещение масс горных пород вниз по склону под влиянием силы тяжести. Оползни возникают в каком-либо участке склона или откоса вследствие ***нарушения равновесия пород***

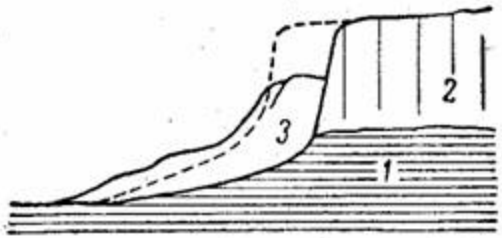
Типы оползней по положению поверхности скольжения



Асеквентный оползень с поверхностью скольжения в однородной породе (по Ф. П. Саваренскому)



Консеквентный оползень с плоской поверхностью скольжения — по плоскости разреза слоев (по Ф. П. Саваренскому)



Инсеквентный оползень пластического образования (по Ф. П. Саваренскому): *1* — глины; *2* — суглинок; *3* — оползневые массы

Основные причины формирования оползней:

- подмыв основания склона рекой, озером, морем;
- дополнительное увлажнение пород талыми, дождевыми, подземными водами;
- суффозионный вынос грунтовых частиц из песчано-глинистых отложений в основании склона;
- сейсмические толчки;
- хозяйственная деятельность человека

Перечень основных факторов-процессов возникновения оползневых явлений

Природные факторы	Техногенные факторы	Характер и результаты воздействия
I группа факторов, изменяющих свойства горных пород, слагающих склон или откос		
Выветривание пород	Разрушение пород строительными, горными и другими работами	Уменьшение прочности пород за счет изменения их физического состояния
Увлажнение природными водами	Увлажнение техногенными водами	Уменьшение прочности пород за счет их разуплотнения, набухания и размокания
Изменение температуры пород	Оттаивание ММП при разработке МПИ и эксплуатации сооружений	Разрушение цементационных связей, уменьшение прочности
Суффозионный вынос	Фильтрационный вынос (выпор)	Уменьшение плотности и прочности песчано-глинистых пород
Вековая ползучесть горных пород	Продолжительность эксплуатации откосного сооружения	Реологические изменения, уменьшение прочности
Выпадение цементирующих соединений из природных растворов	Техническая мелиорация горных пород	Увеличение прочности и устойчивости пород
II группа факторов, изменяющих напряженное состояние горных пород приоткосного массива		
Эрозия и абразия	Подрезка природных склонов	Увеличение угла наклона склонов и откосов, возрастание сдвигающих усилий
Изменение базиса эрозии	Углубление выемки	Увеличение высоты склонов и откосов, возрастание сдвигающих усилий
Изменение уровня грунтовых вод	Осушение карьерных полей	Формирование гидростатического и гидродинамического давлений воды
Затопление атмосферными осадками и поверхностными водами	Затопление и подтопление при строительстве гидротехнических сооружений	То же
Пригрузка склонов делювием и обвальными массами	Статическая и динамическая нагрузка от сооружений и транспорта	Возрастание сдвигающих усилий, формирование порового давления
Землетрясения	Наведенные землетрясения, промышленные взрывы	То же
Аккумуляция аллювиально-делювиальных отложений	Террасирование, подпорные сооружения	Увеличение удерживающих усилий. Возрастание коэффициента устойчивости

Генетические типы оползней

1) детрузивные, или выдавливания (наличие прослоев слабых пород и снижение их прочности, выдавливание их твердыми породами) ;

2) оползни скольжения (смещение на крутых склонах менее прочных блоков по более прочным, часто – по трещинам);

3) деляпсивные, или вязко-пластические (глинистые и лессовые грунты; смещение вязко-текучей массой; пологие склоны и эрозионные ложбины)

4) сложные оползни (несколько генетических типов в одном оползневом теле; сложное строение)

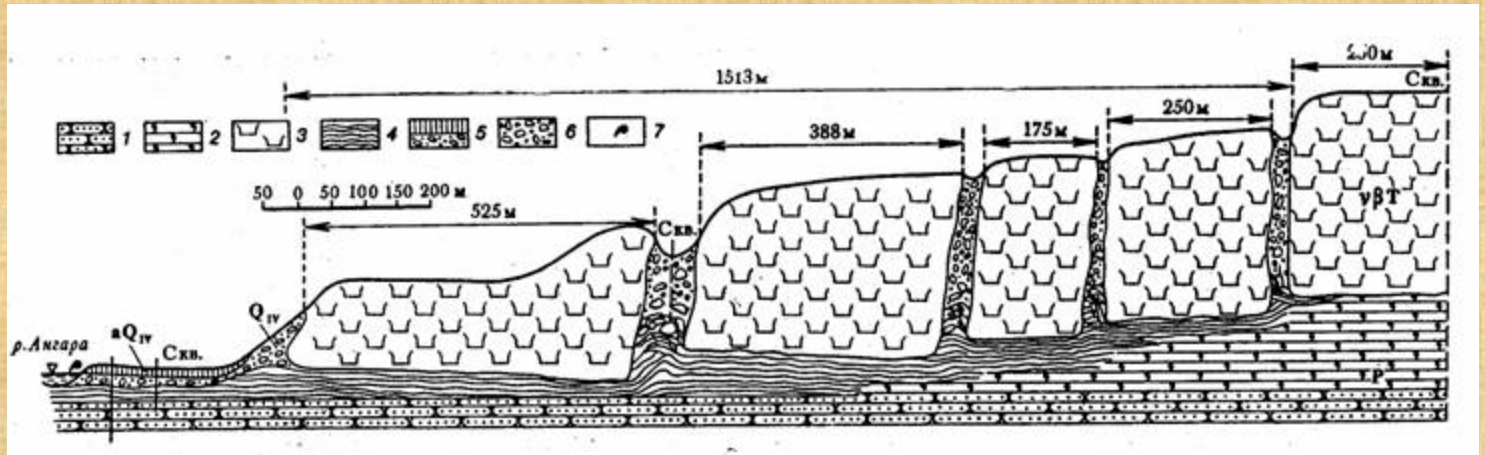


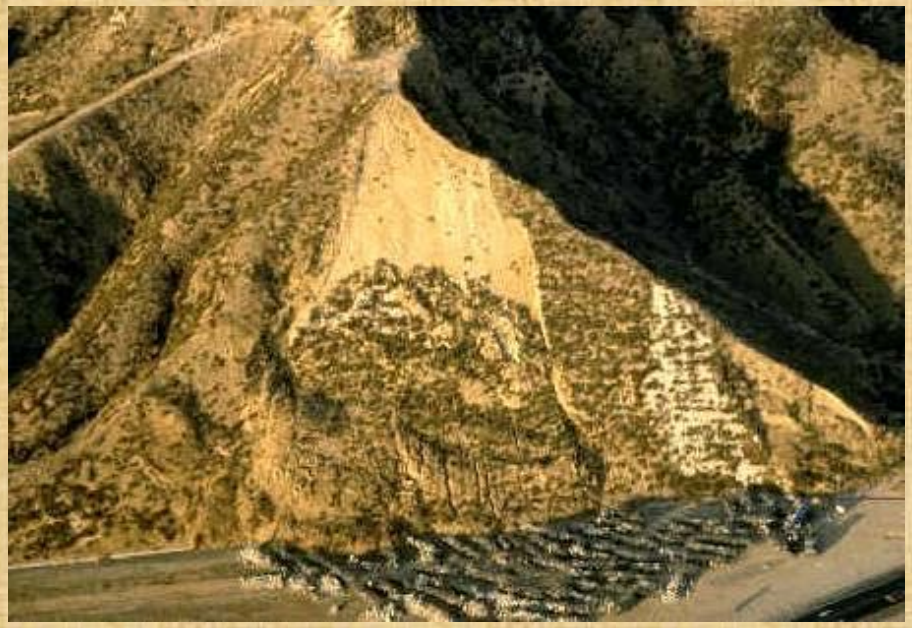
Схема развития оползней выдавливания на склонах р. Ангары (*по Г. Б. Пальшину*). *1* — песчаники карбона; *2* — алевролиты и аргиллиты карбона; *3* — интрузия траппов; *4* — глинистые породы в зоне пластических деформаций; *5* — аллювий; *6* — щебнистая осыпь — вверху и выдавленные глинистые массы внизу;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

Энергетические классы оползней

Классы оползней	Объемы, куб. м.
1. Мелкие	Десятки и менее
2. Небольшие	Сотни
3. Средние	Тысячи
4. Большие	Десятки тысяч
5. Очень большие	Сотни тысяч
6. Огромные	Миллионы
7. Грандиозные	Десятки, сотни миллионов и более

Оползень скольжения в глинисто-карбонатных породах уржумского яруса у пристани Тетюши

Деляпсивные (вязко-пластические) оползни



Оплывины

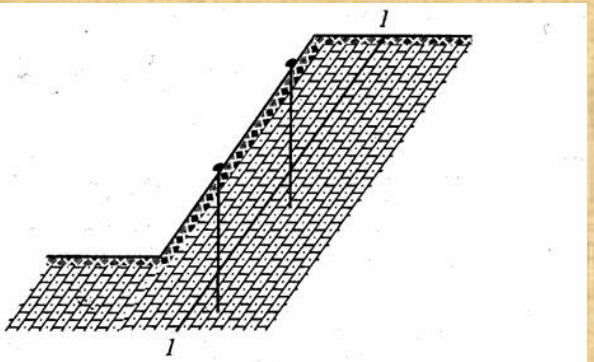
Оплывина - полоса маломощного слоя почвы (глубиной до 1 м) или делювиальных и элювиальных образований, смещенная (оплывшая) под действием силы тяжести вниз по склону вследствие насыщения талыми, дождевыми или грунтовыми водами до грязеподобного состояния.

Сложный блоковый оползень

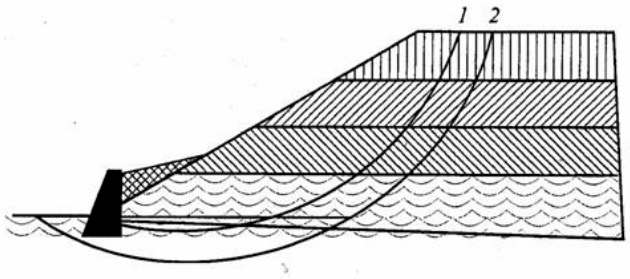
Запрокинутые в сторону склона и смятые породы древнего оползня

Оползневые процессы в Барнауле

Меры борьбы с оползнями



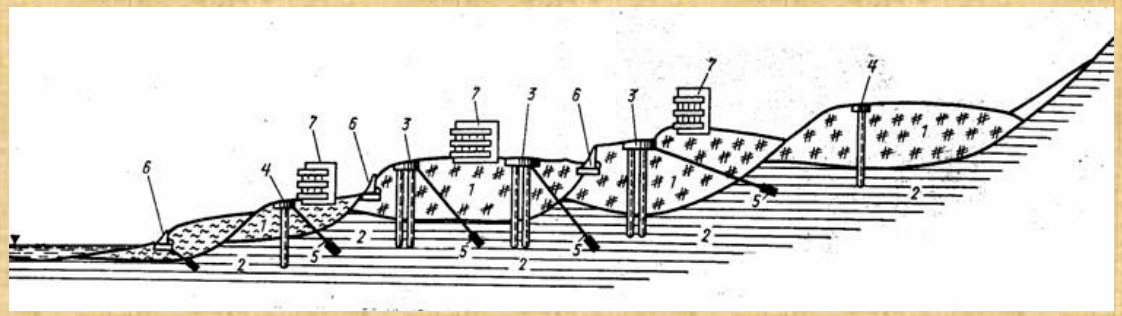
Укрепление уступа карьера железобетонными сваями.
1—1 — слабый контакт по наслоению в песчаниках.



Подпорная стенка, построенная для обеспечения устойчивости склона в предположении наличия только одной поверхности скольжения (*1*).

- посадка растительности;
- дренаж поверхностных и подземных вод;
- строительство подпорных стенок в основании склонов;
- закрепление оползня сваями разной конструкции;
- пригрузка нижней части оползневого склона

Берегоукрепительные подпорные стенки в районе пристани Камское Устье



Пригрузка каменным материалом оползнеопасных склонов вдоль железной дороги

Гравитационно-водные процессы. К этой категории относятся гравитационные явления, в формировании которых вода как подземная, так и поверхностная (атмосферная) играет существенную роль. Твердый материал при этом процессе оказывается разрушенным (дезинтегрированным) и перемещается уже не способом обрушения или сползания (скольжения), как в предыдущих процессах, а способом сплывания, течения «твердого» потока. В этой категории гравитационных явлений различают следующие типы: оползневые потоки, оплывины, селевые грязекаменные потоки, потоки вулканогенных пород (лахары) и др. Обычно оползневой процесс этой категории наиболее интенсивен в периоды таяния снегов или сильных дождей. Вода пропитывает горные породы, нарушает связи между отдельными частями или даже отдельными зернами породы. Породы разжижаются и начинают стекать вниз по склону. Так образуются оползневые потоки, движущиеся обычно вдоль долины реки или ручья.

В оползневом потоке основная масса вещества теряет первоначальную текстуру, и поэтому после отложения и высыхания коллювий представляет собой скопление отдельных комков земли, среди которых лишь местами сохраняются мелкие оползневые тела, не утратившие первоначальную текстуру. Поверхность оползневого потока всегда бугристая, форма оползневого тела эллипсовидная, сильно вытянутая. За сходство по форме с долинным горным ледником такое тело иногда называют глетчерным оползнем. В нижней части при выходе из долины глетчерный оползень веерообразно расширяется.

Мелкие грязевые потоки, не уходящие далеко от истоков, называют **оплывинами**.

Селевые потоки являются крайней формой в ряду гравитационно-водных явлений (араб, «сель» — бурный поток). В Европе их называют мурами. В развитии селей основную роль играет поверхностная вода: дождевая, ливневая, а также речная, в меньшей мере — подземная. Некоторые сели провоцируются землетрясениями: в селе Хаит в Таджикистане мощность отложений селевого потока, вызванного землетрясением 1949 года, составила 60 м. В зависимости от размерности переносимого материала селевые потоки разделяются на грязекаменные», которые в равной степени насыщены и мелкими и крупными обломками; водно-каменные с преобладанием крупных обломков пород – валунов, глыб (рис. 1.31) и грязевые потоки с резким преобладанием тонких глинистых частиц. Нередко глинистые сели обусловлены тем, что размываемый склон сложен мелкообломочными породами. Селевые потоки движутся с большой скоростью и появляются внезапно. Во фронтальной части потока сгруживается твердый материал, а край потока образует крутую стену.

Широко развиты сели на Кавказе, в Крыму, в горах Средней и Центральной Азии и др., где они приносят большой вред и нередко вызывают серьезные бедствия. В 1921 году селевой поток затопил и разрушил часть города Алма-Ата, вызвав гибель нескольких сотен людей. В 1940 г. большой сель прошел по долине реки Баксана на Северном Кавказе. Он вынес около 3 млн м3 твердого материала, в том числе большое количество крупных глыб диаметром свыше 1 м.

На склонах действующих вулканов возникают вулканические грязекаменные потоки, называемые **лахарами**, обусловленные ливневыми дождями или талыми водами льда и снега, часто следующими за извержением. Эти потоки воды захватывают рыхлые вулканические породы, лежащие на склоне.

Подводно-гравитационные процессы.

Происходят на дне водоемов (морей, крупных озер, океанов). На относительно крутом склоне осадки начинают оползать под влиянием собственного веса, создавая оползневые формы, близкие к поверхностным. Обвалы берегов и оползневые тела, спускающиеся с берега в море, создают дополнительную нагрузку на морские осадки, вызывая или ускоряя их оползание. На подводных обрывистых склонах могут образовываться обвалы. Подводные оползни могут охватывать весь склон или перемещаться по подводным каньонам, ложбинам стока. Очень широко развито на дне морей и океанов селеподобное перемещение обломочного материала как терригенного, поступающего с суши, так и аутигенного, образовавшегося в море. Весь этот материал, насыщенный водой, движется вблизи дна в виде мутьевых потоков.