

# Оползни

- Оползневым называют движение масс горных пород вниз по склону под действием силы тяжести в виде скольжения по хорошо выраженной поверхности или зоне.

# Определения оползневового процесса

- Погребов Н.Ф. (1935) Движение масс горных пород вниз по склону под действием силы тяжести, часто при участии поверхностных и подземных вод.
- Попов И.В.(1959, с. 124) Скользящее смещение горных пород, слагающих склон, под действием их веса.
- Емельянова Е.П.(1972, с. 55, 57) Как процесс, "это смещение на более низкий уровень части горных пород, слагающих склон (а иногда также его основание, подножие и территорию за его бровкой) в виде скользящего движения, в основном без потери контакта между движущимися и неподвижными породами". Горные породы, оползающие в рассматриваемый момент или периодически, также называют оползнем.
- Геологический словарь (1973, т. 2, с. 33) Отрыв земляных масс и перемещение их по склону под влиянием силы тяжести.
- Сергеев Е.М.(1978, с. 223) В общем представлении оползень - это скользящее смещение горных пород на склонах под действием силы тяжести при участии поверхностных или подземных вод.

# Определения оползневых процессов

- Золотарев Г.С.(1983, с. 197-198) Оползнями называются такие смещения на склонах горных пород разного состава, сложения и объёмов, в которых преобладает механизм скольжения их по имеющейся или формируемой в процессе движения поверхности или зоне, когда сдвигающие усилия больше прочности пород.
- Иванов И.П., Тржцинский Ю.Б. (2001, с. 263) Оползневые явления (оползни) – движение больших масс горных пород вниз со склона или откоса по поверхности (или поверхностям) скольжения под влиянием различных гравитационных сил (веса пород, давления воды, сейсмического воздействия, техногенной нагрузки).
- Опасные экзогенные процессы, (1999, с. 99) Под гравитационными склоновыми процессами (ГСП) понимают денудационно-аккумулятивные экзогенные геологические процессы на естественных склонах и искусственных откосах, проявляющиеся в виде смещенного грунтового материала на более низкие гипсометрические уровни под действием силы тяжести без существенного влияния каких-либо транспортирующих агентов.

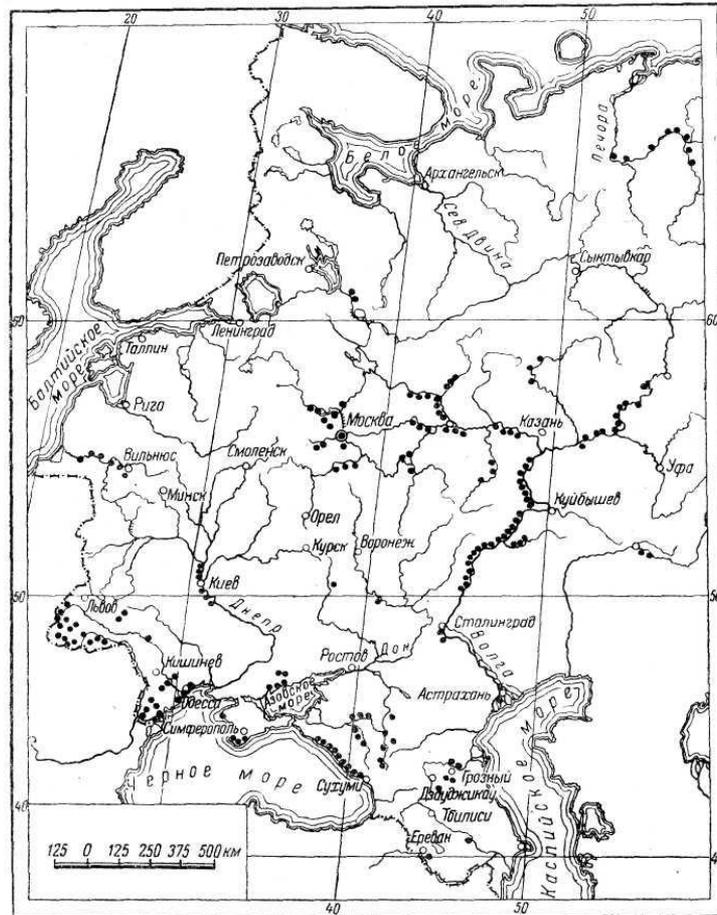
# Определения оползневого процесса

- Общими в этих определениях являются следующие позиции:
- 1) оползневой процесс представляет собой смещение масс горных пород вниз по склону;
- 2) основной движущей силой является вес смещающихся пород;
- 3) движение оползневых масс на склоне происходит в виде скольжения или в отдельных случаях течения;
- 4) смещение оползня происходит без потери контакта между движущимися породами и неподвижным основанием.

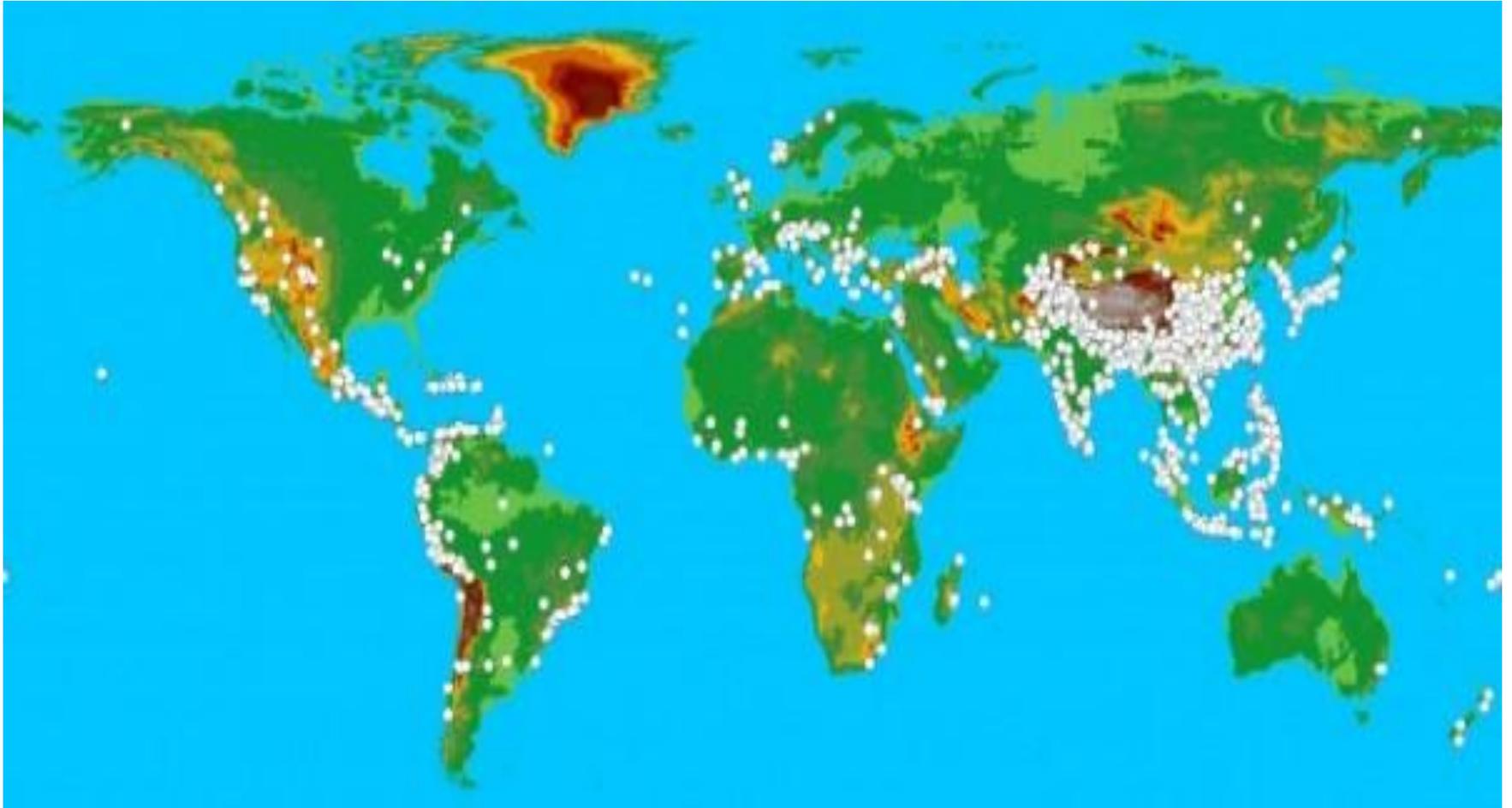
# ***Распространение оползней***

- Оползни широко распространены как в горно-складчатых областях, так и на равнинных территориях. Оползни развиты на морских побережьях, на склонах речных долин, в бортах больших оврагов и балок, на склонах водоразделов и высокогорий, на шельфе и континентальном склоне морей. Они тесно связаны с геоморфологическими условиями территории, литологическим составом и степенью обводненности пород, слагающих склоны.

# Карта распространения оползней (И.В. Попов, 1959)



# Оползни не сейсмического характера, вызвавшие гибель людей



**За последние 10 лет от оползней погибло 89 177 человек, в среднем, каждый год жертвами оползней во всем мире становятся почти 9 тысяч.**



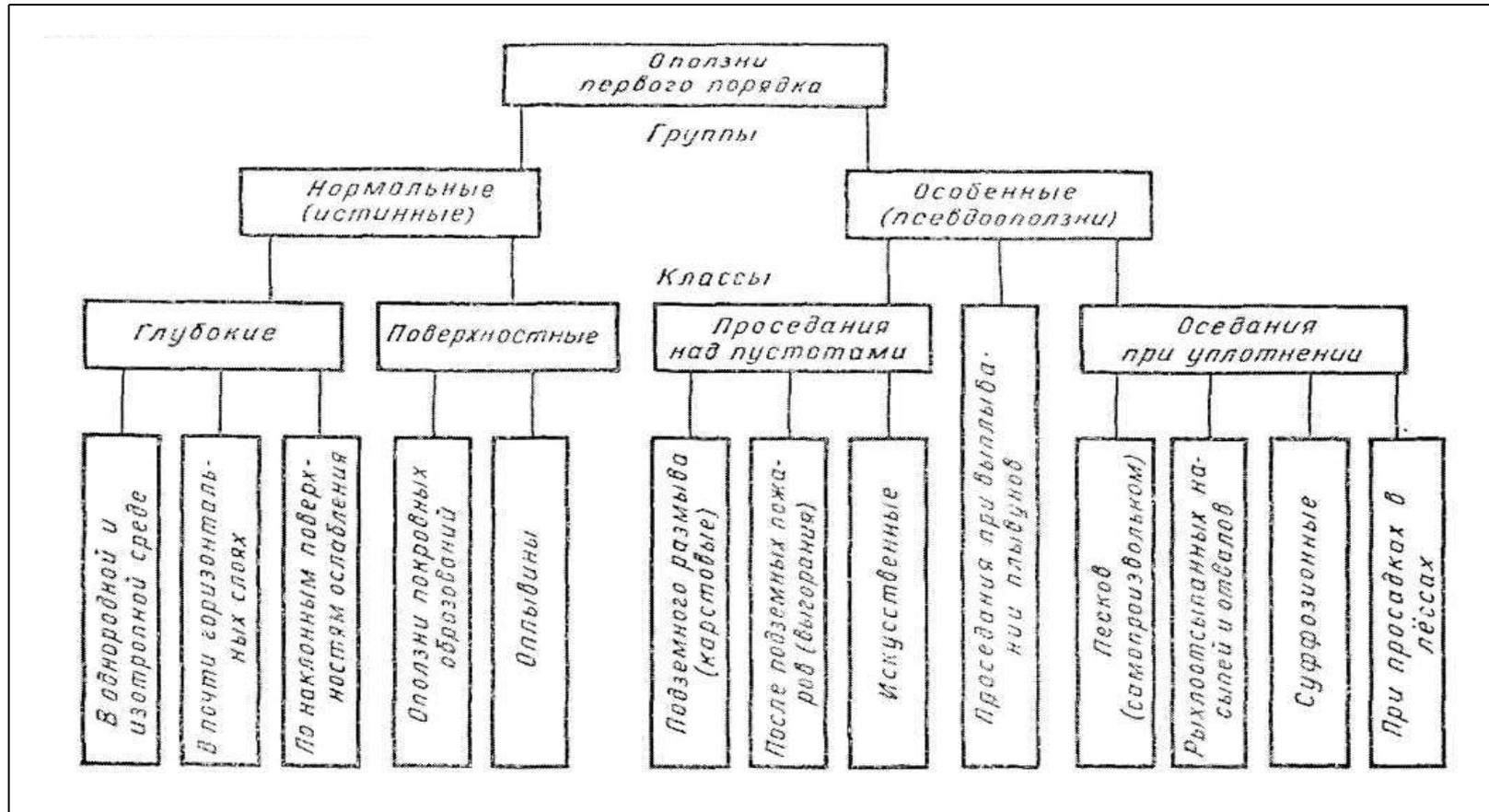
# Классификация оползней

- Оползни весьма разнообразны по размерам, строению, причинам образования и условиям, способствующим их возникновению и развитию, механизму и динамике процесса и др. Существует большое количество классификаций оползневых процессов.
- Классификации гравитационных склоновых процессов традиционно делятся на три группы: *общие*, *региональные* и *частные*.
- *Общие* классификации охватывают всё многообразие оползневых процессов, *Региональные* классификации разрабатываются для отдельных районов развития оползней. *Частные* классификации основаны на признаках, существенных для оценки значения в развитии оползней отдельных факторов.
- А.П.Павлов (1903) оползни подразделял на деляпсивные, или соскальзывающие, и детрузивные, или толкающие.
- По классификации Ф.П.Саваренского (1934) выделяются асеквентные, консеквентные и инсеквентные оползни. К асеквентным относятся оползни, перемещение которых происходит по цилиндрическим поверхностям в однородной, неслоистой породе. Консеквентными являются оползни, которые перемещаются по поверхностям, падающим в сторону склона. Инсеквентные оползни перемещаются по поверхности, секущей напластование пород.

# Схема подразделения оползневых явлений по возрасту (И.В. Попов, 1959)

Возраст оползней	Вид оползней	Состояние равновесия масс горных пород
<p>Современные, отвечающие современному положению базиса эрозии и уровня абразии</p>	Двигающиеся	<p>Процесс установления равновесия продолжается</p>
	Приостановившиеся	<p>Действие силы, вызывающей нарушение равновесия, временно уравновешено факторами устойчивости</p>
	Остановившиеся	<p>Силы, нарушающие равновесие, временно устранялись</p>
	Закончившиеся	<p>Действие силы, вызывающей нарушение равновесия, исчерпано</p>
<p>Древние, не отвечающие современному положению базиса эрозии и уровня абразии</p>	Открытые	<p>Оползневое тело выходит на поверхность</p>
	Погребенные	<p>Оползневое тело перекрыто позднейшими отложениями</p>

# Схема общей классификации оползней (Е.П. Емельянова, 1972)



# Классификация Г.С.Золотарева (1964)

- Классификация генетических типов оползней:
  - 1) детрузивные, или I-го порядка, и выдавливания;
  - 2) соскальзывания, или консеквентные;
  - 3) деляпсивные (оползни-потоки и сплывы);
  - 4) оплывины;
  - 5) «внезапного» разжижения;
  - 6) суффозионные и выплывания;
  - 7) коры выветривания изверженных и метаморфических пород;
  - 8) сложные и переходных типов.

# Элементы оползня

- Оползневое тело.
- Снизу вверх: подошва оползня, язык оползня, оползневой откос, бровка оползневого тела, оползневая ступень (терраса), оползневая западина, тыловой шов, вершина оползня, надоползневой откос (стенка срыва, оползневой обрыв), бровка срыва, трещина отрыва (закола).
- Поверхность скольжения, скорее зона, разной формы, устанавливается по изменению структуры, свойств пород, зеркалам скольжения и т.п.
- Базис оползания, совпадает с подошвой оползня, – линия пересечения поверхности скольжения и склона, может находиться у основания склона и не совпадать с ним.

# Признаки оползней

- Бугристая поверхность склона.
- Оползневые цирки.
- Межоползневые гребни разделяющие оползневые цирки.
- Оползневые уступы.
- Оползневые трещины.
- Плоскости срыва.
- Валы у подножья оползня.
- Застой воды в западинах.
- Пьяный лес.
- Нарушение залегания пластов в оползневых телах.
- Большое число водопроявлений.
- Повышенная влажность и нарушение структуры пород вблизи поверхности скольжения.
- Разрушение сооружений.

# ***Условия способствующие образованию оползней***

- **Процессы, изменяющие высоту, крутизну и форму склона:**
- неотектонические движения, изменяющие положение базиса эрозии;
- подрезка склонов волнами и текучими водами;
- подрезка склонов выемками.
- **Процессы, изменяющие строение и свойства пород:**
- выветривание;
- увлажнение подземными, дождевыми, талыми и хозяйственными водами;
- ухудшение свойств пород при их смещении;
- за счет выщелачивания и суффозии;
- при землетрясении.
- **Процессы, создающие дополнительное давление:**
- гидродинамическое давление при фильтрации воды в сторону склона;
- гидростатическое давление в трещинах и порах;
- сейсмические удары;
- искусственные статические и динамические нагрузки на склоне.
- **Специфические рельеф, геологическое строение и гидрогеология склонов и откосов.**

# Динамика оползневой процесса

- Основной причиной оползания является превышение сдвигающей составляющей силы тяжести над прочностью пород, слагающих склон.
- Формирование оползня происходит в три этапа:
  - 1) подготовка оползня - постепенное уменьшение устойчивости масс горных пород в результате уменьшения их прочности, изменения высоты и крутизны склона и приложения дополнительных сил;
  - 2) смещение оползня в результате потери устойчивости, скорость от нескольких см в день, до катастрофических, подвижки с перерывами;
  - 3) стабилизации оползня, восстановление устойчивости масс горных пород.
- Оползневой процесс является необратимым.

## Характерные признаки оползневых процессов на отдельных стадиях его развития (И.П. Иванов, 2001)

I. Подготовительная стадия	II. Стадия появления оползня	III. Стадия затухания оползневых процессов
<p>Начало или активизация воздействия природных или техногенных факторов, монотонно уменьшающих степень устойчивости склона или откоса</p> <p>Продолжительность: от нескольких месяцев до нескольких десятилетий</p> <p>Появление трещин за верхней бровкой склона и вала выщипывания перед нижней бровкой</p> <p>Изменение дебитов родников на склоне</p> <p>Неравномерное увеличение скорости</p>	<p>Движение пород вниз по склону (откосу) с большой скоростью в твердых породах и небольшой в глинистых отложениях, находящихся в зоне сдвига. Уменьшение угла наклона оползневых склонов, оформление нового профиля склона. Расчленение оползневых тел трещинами отрыва и сжатия</p> <p>Скорость движения оползня — от 1 мм/ч до 1 м/ч, при катастрофических процессах — до 1 м/с</p> <p>Возможность циклического хода процесса — с остановками и резкими подвижками</p> <p>Образование вертикальных трещин различной глубины — от десятков сантиметров до десятков метров (для склонов большой высоты, сложенных твердыми породами) субпараллельно фронту движения</p> <p>Оформление тела оползня, его поверхности(ей) скольжения и языка</p>	<p>Быстрое затухание движения оползневых масс скальных пород или в случае наличия контрафорса (противоположного берега, борта карьера, подпорного сооружения). Время стабилизации — несколько часов</p> <p>Медленное затухание процесса в глинистых породах и при глинистой зоне скольжения, а также при отсутствии препятствий и без участия водного потока</p> <p>Время затухания — несколько суток при отсутствии повторов, от нескольких месяцев до нескольких лет при развитии склоновых процессов в оползневых массах</p> <p>Активизация оползня и его частей при воздействии строительных и горных работ по ликвидации его последствий</p>

# Типы оползней

- Виды оползневых смещений:
- скольжения,
- срезания,
- выдавливания,
- потоки,
- проседания,
- выплывания (суффозионные),
- разжижения,
- сложные виды оползней.

# Типы оползней

№№ п/п	Название типа оползня по его механизму	Типовые схемы
1	Скольжения	
2	Выдавливания	
3	Выпывания	
4	Течения	
5	Проседания	
6	Разжижения	

Схема типов оползней

# Оползни скольжения

- *Оползни скольжения* (соскальзывания, консеквентны) - один из наиболее распространенных типов оползней.
- Основным условием образования этих оползней является наличие в склоне поверхностей ослабления, падающих в сторону склона под углом меньшим угла склона.
- Поверхности скольжения в слоистых породах совпадают со слабыми прослоями, представленными, главным образом, глинистыми разностями. В интрузивных и эффузивных породах поверхности скольжения совпадают с тектоническими разрывами и трещинами, заполненными глинистым материалом.
- Способствуют образованию оползней скольжения сезонное обводнение, выветривание, разгрузка пород в зоне ослабления, что приводит к дальнейшему уменьшению их прочности.
- Большое влияние на развитие оползней скольжения оказывают гидродинамическое давление, взвешивание пород и инерционные силы, возникающие при землетрясениях.
- Присутствующие в породах вертикальные трещины помогают отделиться и прийти в движение блокам сползающих по наклонной поверхности пород.
- Для оползней скольжения характерны большие скорости перемещения.
- Типичным оползнем скольжения является оползень на правом берегу р. Ангары в районе строительства Богучанской ГЭС.

# Оползни



Бельтирский сейсмогенный оползень, образовался в результате [Чуйского землетрясения 27 сентября 2003 года.](#)



# Оползни срезания

- *Оползни срезающие* (блоковые, инсеквентные, вращения) развиты в осадочных песчано-глинистых породах, в однородных, слоистых и смятых в складки, в искусственных намывных или насыпных сооружениях, таких как плотины, дамбы, насыпи и др.
- Оползни срезания образуются на относительно высоких и крутых склонах, сложенных любыми горными породами, в случае, когда напряжения в породах склона превышают их прочностные свойства.
- Дополнительные факторы: увлажнение подземными и поверхностными водами, абразия и эрозия, выветривание.
- Для оползней срезания характерна большая глубина захвата пород склона и круглоцилиндрическая поверхность смещения.

# Оползень срезания, Крым

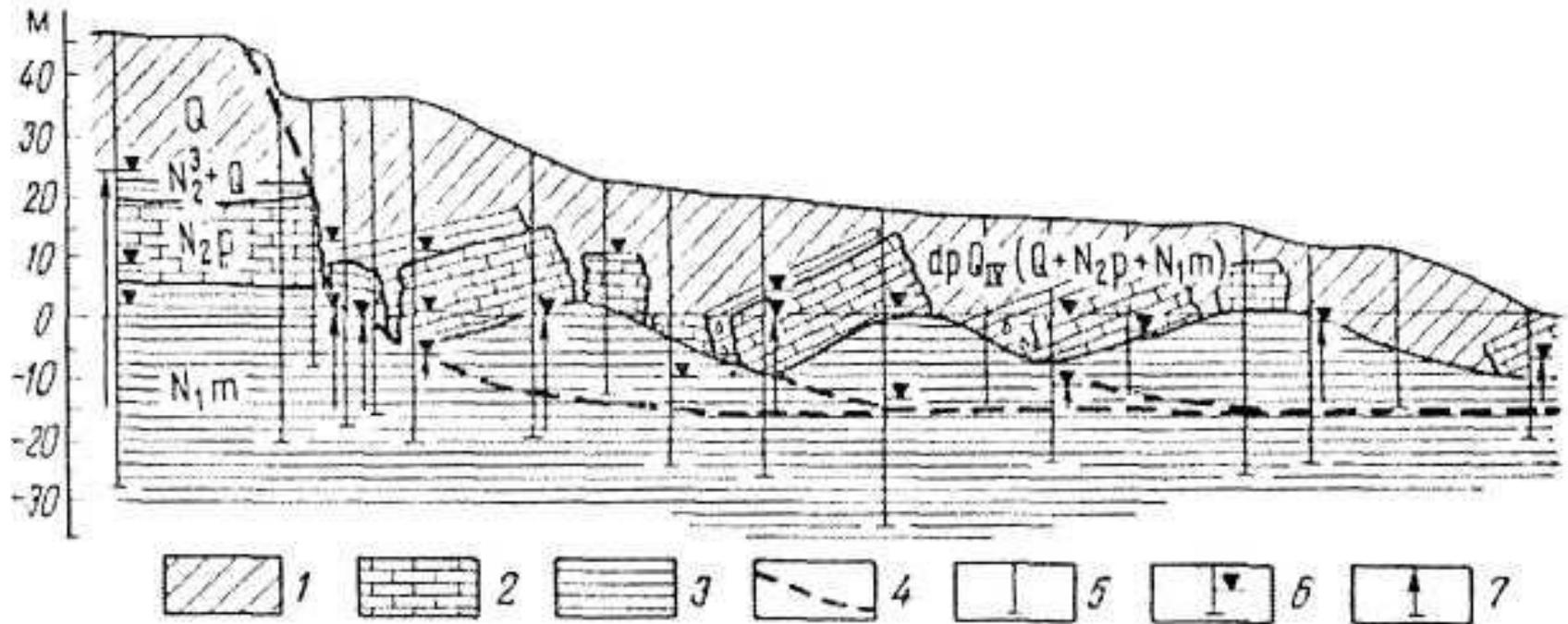


# Оползни выдавливания

- *Оползни выдавливания* (детрузивные) широко распространены на платформах на склонах, сложенных горизонтально залегающими горными породами.
- Основным условием развития оползней выдавливания является присутствие в основании склона выдержанных горизонтов пород, обладающих очень низкой прочностью, и перекрытых сверху прочными породами значительной мощности. В качестве слабых слоев могут выступать глины и слабые аргиллиты и алевролиты.
- Формированию оползней выдавливания способствуют уменьшение прочности подстилающих глинистых пород в результате их разуплотнения, выщелачивания, увлажнения подземными водами из выше расположенных горизонтов, и возникновение очагов концентрации напряжений из-за увеличения высоты и крутизны склона в результате эрозии или абразии, неотектонических поднятий, искусственных подрезок и пригрузок.
- Превышение в подстилающем слое напряжений над прочностью слагающих его пород приводит к развитию в них пластических деформаций и выдавливанию глинистых пород из-под залегающих над ними прочных отложений, которые теряют опору, расчленяются на блоки по существующим первичным и тектоническим трещинам и начинают ползти по практически горизонтальной поверхности.
- Поверхность смещения в верхней части вертикальна, затем постепенно переходит в круговую, а в средней и нижней частях оползня становится горизонтальной. Верхняя часть оползня – зона растяжения; средняя часть - зона перемещения и транзита; нижняя часть - зона сжатия и поднятия, которая занимает полосу вдоль подножья склона и впереди нее. Образование зоны сжатия связано с сопротивлением пород, не захваченных оползанием, движению оползающих масс.

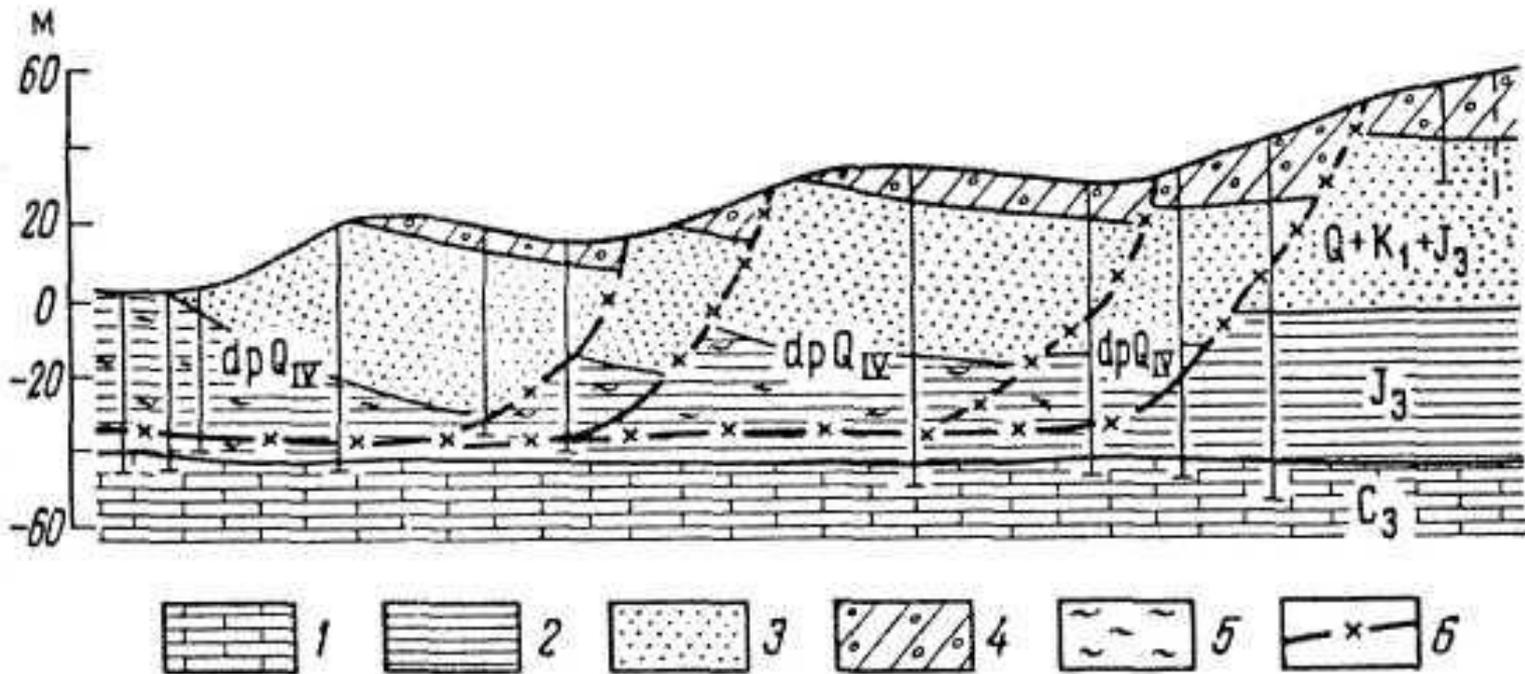
# Оползни выдавливания (г.Одесса)

- 1 — лессовидные суглинки; 2 — известняки; 3 — глины;  
4 — поверхность смещения; 5 — скважины; 6 — положение уровня подземных вод;  
7 — гидростатический напор



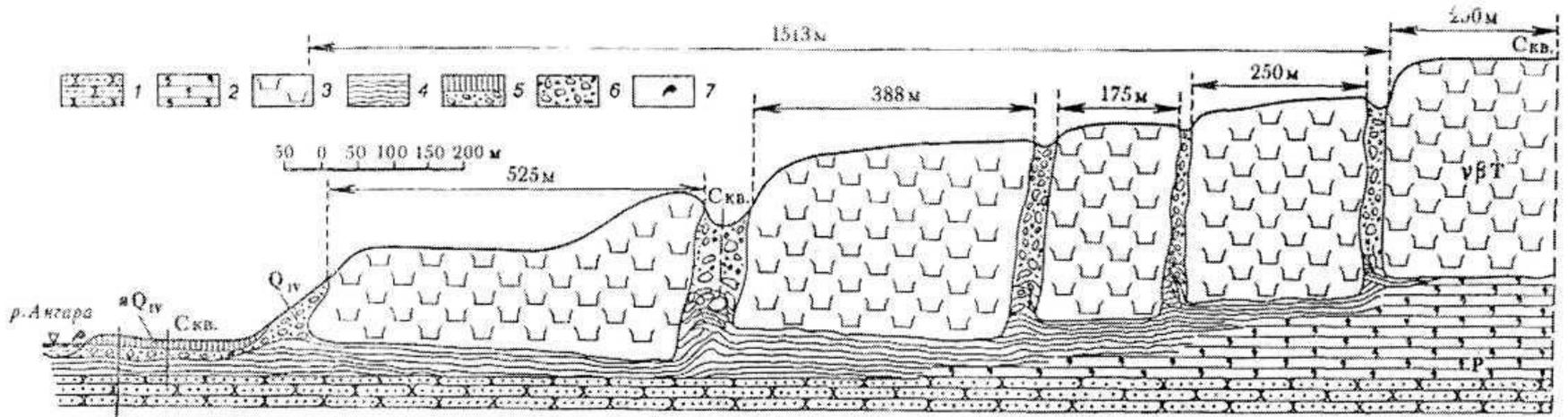
# Оползни выдавливания (г.Москва)

1 — известняки; 2 — глины; 3 — пески; 4 — морена; 5 — юрские глины, вовлеченные в оползневое смещение; 6 — поверхность смещения



# Оползни выдавливания (р.Ангара)

- 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



# ОПОЛЗНИ ПОТОКИ

- *Оползни-потоки* (деляпсивные, консистентные, пластические, вязкого течения) — наиболее часто встречающийся тип оползней.
- Оплывинами и сплывами называются оползни этого типа, но небольшого объёма.
- В оползневое смещение вовлекаются отложения элювия, делювия, древних оползневых накоплений и других рыхлых пород, расположенных на склоне.
- Оползни возникают при увлажнении их образующих пород дождевыми, снеговыми, подземными или хозяйственными водами, в результате чего, из-за снижения прочности обломочно-глинистые массы начинают под действием силы тяжести двигаться как вязко-пластическое тело по сформированным в процессе смещения поверхностям.
- Необходимыми условиями для формирования оползней-потоков являются склон крутизной  $12—15^\circ$ , наличие постоянно пополняющегося источника рыхлого материала и его обводнение. Способствует развитию оползней-потоков морская абразия, речная эрозия, размывающие оползневой язык.
- Для оползней-потоков характерна большая длина, незначительная ширина и малая мощность.

# Оползень сплыв



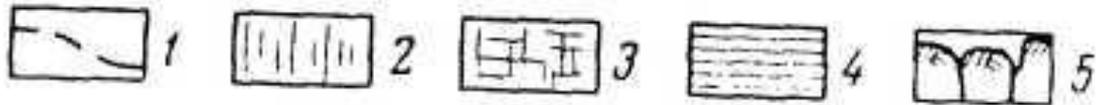
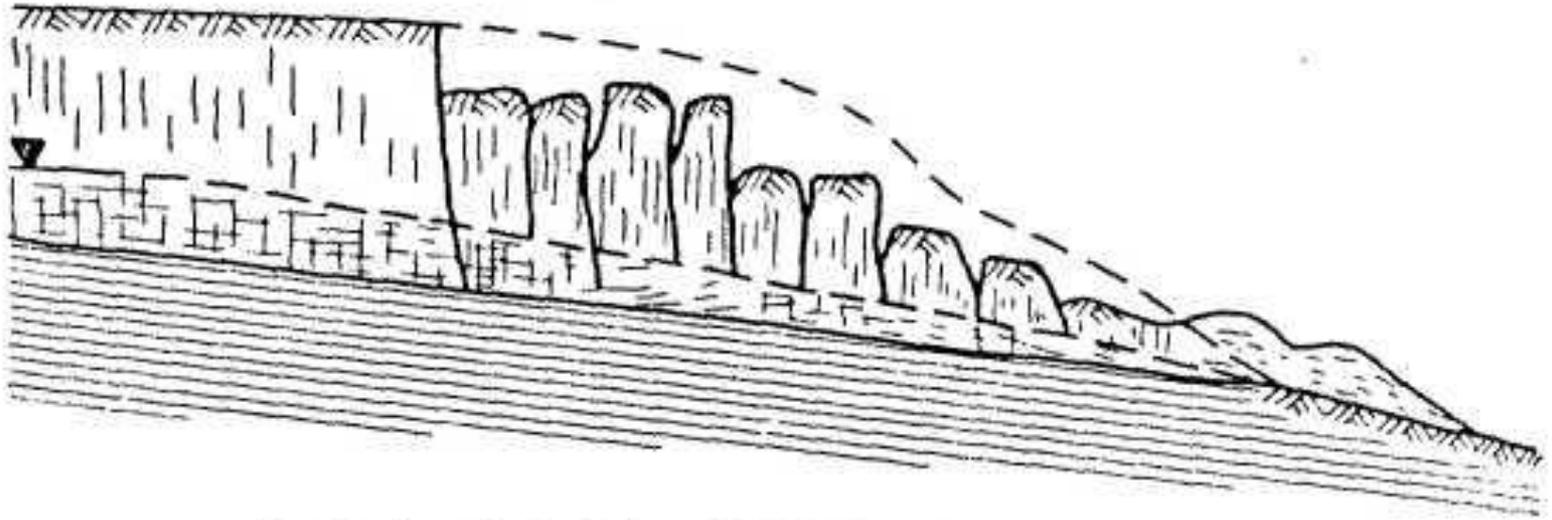
- *Оползни проседания* образуются в условиях аридного климата, в районах развития толщ лёссовых и лёссовидных пород в результате замачивания основания крутого откоса.
- *Оползни выплывания* (суффозионные) образуются при переходе пород, залегающих в основании склона, в пльвунное состояние в результате резкого возрастания гидродинамического давления и вовлекающих в движение породы перекрывающей толщи. Оползни с практически аналогичным механизмом могут возникать в результате суффозионного выноса песчаных пород из основания склона и вовлечения в оползание перекрывающей толщи.
- *Оползни разжижения (внезапного разжижения)* распространены в областях развития молодых малолитифицированных глинистых отложений, преимущественно морского генезиса. Они формируется внезапно с образованием глубокой оползневой депрессии округлой формы, диаметром в несколько десятков метров, и разжиженные массы, в виде грязевых потоков, вырываются из суженной горловины и с большой скоростью текут вниз по склону. Объемы разжижающихся масс достигают нескольких сотен, реже тысяч кубических метров, а скорости движения оползневых потоков составляют несколько метров в секунду. Толчком к разжижению могут служить усиление эрозии или абразии, вибрация от проходящего транспорта, подсечки склонов при строительных работах и другие внешние факторы.
- Особым генетическим типом оползней являются *сейсмогенные оползни*

# Сейсмогенный оползень, сформировавший Сарезское озеро



# Оползень проседания (Северный Кавказ)

- 1 — поверхность склона до оползня; 2 — лессовые породы слабовлажные;  
3 — лессовые породы водонасыщенные; 4 — глины палеогена;  
5 — оползневые массы



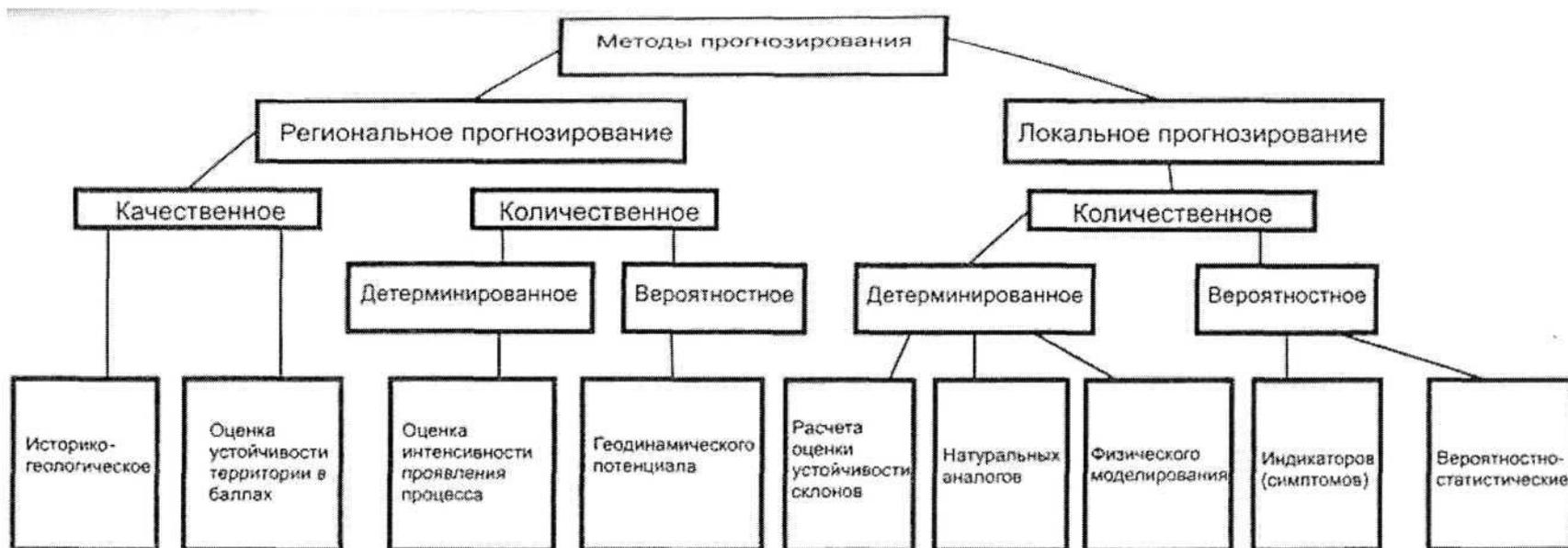
# Факторы возникновения оползневых явлений (И.П. Иванов, 2001)

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
Вексовая ползучесть горных пород	Продолжительность эксплуатации откосного сооружения	Реологические изменения, уменьшение прочности
Выпадение цементирующих соединений из природных растворов	Техническая мелiorация 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 ледовыми и обвально-массами	Статическая и динамическая нагрузка от сооружений и транспорта	Возрастание сдвигающих усилий, формирование порового давления
Землетрясения	Наведенные землетрясения, промывальные взрывы	То же
Аккумуляция адлювиально-ледовиальных отложений	Террасирование, подпорные сооружения	Увеличение удерживающих усилий. Возрастание коэффициента устойчивости

# Методика изучения и прогноза оползневых процессов

- В зависимости от стадии инженерно-геологических исследований выделяются региональные и локальные работы по изучению оползней.
- Региональные работы проводятся с целью изучения закономерностей пространственной изменчивости проявлений процесса и его регионального прогноза. Осуществляется на основе проведения инженерно-геологических съемок. Районирование по величине коэффициента пораженности, по величине геодинамического потенциала и т. д. Комплексная методика регионального прогноза оползневой опасности должна основываться на сочетании стохастического и детерминированного подходов.
- Локальные исследования оползней направлены на оценку оползневой опасности на отдельных участках, установление механизма развития процесса, разработку локального прогноза и определение мероприятий по стабилизации склона. Применяется широкий набор расчетных методов.

# Классификация методов прогнозирования оползневых процессов (К.А. Гулакян, В.В. Кюнтцель, Г.П. Постоев, 1977)



# Методы прогноза оползней и оценки устойчивости склонов

- *Сравнительно-геологический метод* оценки современной устойчивости склона и прогноза его дальнейшего развития и *метод природных аналогов*.
- *Расчетные методы* основанные на анализе напряженного состояния массива пород: 1) в пределах всего склона и 2) только вдоль известной или предполагаемой поверхности скольжения.
- *Методы экспериментального моделирования*: на поляризационно-оптических и эквивалентных материалах.

# Противооползневые мероприятия

- изменение рельефа (планировка) склона: срезка, террасирование, контрбанкеты;
- регулирование стока поверхностных вод устройством системы поверхностного водоотвода и предотвращение инфильтрации воды в грунт;
- защита от подмыва и размыва, борьба с эрозией дамбами, пляжами и др.;
- искусственное понижение уровня подземных вод для устранения их разупрочняющего воздействия на грунты и снижения фильтрационного давления: водопонизительные скважины, различные дренажи;
- агролесомелиорация: многолетние травы, деревья, кустарники для укрепления грунта корневой системой, осушения, предотвращения эрозии, уменьшения инфильтрации, снижения воздействия выветривания;
- техническая мелиорация: цементация, смолизация, силикатизация, электрохимическое и термическое закрепление грунтов для обеспечения устойчивости склонов (откосов) в слабых и трещиноватых грунтах;
- защитные покрытия из торкретбетона, набрызг-бетона и др., наносимые на укрепленную анкерами сетку: защита обнаженных склонов (откосов) от выветривания, образования вывалов и осыпей.
- удерживающие сооружения: подпорные стены, свайные конструкции и столбы, анкерные крепления, поддерживающие стены и контрфорсы, облицовочные стены, покровные сетки в сочетании с анкерными креплениями;
- профилактические мероприятия и стационарные режимные наблюдения.

# Солифлюкция

- *Солифлюкцией* [solum — почва, грунт; fluxus — течь] называется медленное перемещение протаивающих переувлажненных почв и дисперсных грунтов на пологих склонах, возникающее под влиянием попеременного промерзания и протаивания почв и пород, действия силы тяжести, криогенных процессов (миграция влаги, смена фаз воды, пучение и усадка при промерзании и протаивании) и др. Солифлюкционное течение грунтов происходит по мерзлой поверхности не оттаявшего основания, сцементированного льдом.
- Солифлюкция широко развита в полярных областях и высокогорных странах умеренного пояса, в областях распространения многолетнемерзлых и сезонномерзлых глубоко промерзающих пород.
- Солифлюкция возможна при следующих условиях: 1) приходящие в движение породы должны быть представлены тонкодисперсными пылеватыми грунтами; 2) влажность грунтов должна достигать полной влагоемкости; 3) на участках развития солифлюкции должны быть уклоны, обеспечивающие медленное течение грунтов (3—10°).
- Под влиянием солифлюкции образуются натечные ступени, бугры, оплывины, солифлюкционные потоки и покровы, “языки”, гряды, солифлюкционные террасы и др.
- Скорости солифлюкционных смещений обычно составляют от нескольких до десятков сантиметров в год.
- Сцепление практически равно нулю, а угол внутреннего трения составляет 2—4°.
- Критическая толщина текучего слоя может быть оценена по формуле:
- $D_c = hc (1 - \cos\theta) / 2 \sin\alpha \sin\theta$ , где  $hc$  — толщина слоя;  $\alpha$  — угол склона;  $\theta = 45 + \varphi/2$ ;  $\varphi$  — угол внутреннего трения.

# Курумы

- *Курумами* называются сформировавшиеся в суровых климатических условиях скопления крупнообломочного материала на склонах крутизной меньше угла естественного откоса обломков, перемещающиеся под определяющим воздействием криогенной и термогенной десерпции. [Тюрин и др., 1982].
- Распространены в полярных областях и высокогорных районах, особенно в зоне 54—64° с.ш.
- Действующим фактором, вызывающим перемещение курумов, является десерпция (от латинского *deserptio* - сползание, опускание). Движение, вызванное изменением объема материала в результате периодического изменения его температуры, называют термогенной, или температурной, десерпцией. Сущность криогенной десерпции заключается в том, что пучение пород при их промерзании на склоне происходит по нормали к последнему, а движение при оттаивании — под воздействием силы тяжести — по вертикали.

# Условия формирования курумов

- 1) наличие многолетнемерзлых пород или глубокого сезонного промерзания;
- 2) суровый климат, благоприятствующий интенсивному криогенному выветриванию скальных пород и преобразованию рыхлых обломочных отложений;
- 3) наличие склонов с крутизной от 3—5° до угла естественного откоса грубообломочного материала и благоприятной экспозиции;
- 4) близкое к дневной поверхности залегание скальных пород, трещиноватых, но устойчивых к выветриванию. Мощность СТС (СМС) должна быть больше мощности чехла рыхлых отложений;
- 5) существенные колебания температур на поверхности грунта, приводящие к термогенной десерпции;
- 6) большое количество атмосферных осадков или геоморфологические предпосылки для концентрации поверхностного и подповерхностного стоков, способствующих интенсивным процессам суффозии мелкодисперсного материала;
- 7) сегрегационное льдообразование в СТС, приводящее к криогенной десерпции.

- В районах формирования курумов по направлению сверху вниз по склону выделяется три вертикальных пояса, закономерно сменяющих один другой. Во-первых, это пояс мобилизации грубообломочного материала, его подготовки к движению, во-вторых, пояс собственно курумов — подвижных каменных потоков, где происходит активное движение курумного чехла, в-третьих, пояс аккумуляции грубообломочного курумного материала, где движение его по склону затухает или прекращается.
- По источникам питания грубообломочным материалом выделяются два больших класса курумов. Первый класс — это курумы с внутренним питанием, в которые обломочный материал поступает из их ложа при разрушении выветриванием, выносом мелкозема, выпучиванием обломков и др. Второй класс — курумы с внешними источниками питания, когда обломочный материал поступает извне, вследствие действия гравитационных процессов (обвалы, осыпи и др.).
- Существенными факторами перемещения курумной массы являются дезинтеграция обломочного материала и вынос мелкозема под действием поверхностного и подповерхностного стока.

# Строение курумов

- Верхняя часть разреза курумов представлена грубообломочным чехлом без дисперсного заполнителя, а нижняя часть может иметь разнообразное строение:
- 1. Ниже находятся трещиноватые скальные грунты, а дисперсный материал отсутствует или присутствует в очень небольшом количестве.
- 2. Нижняя часть заполнена дисперсным материалом: суглинками, дресвой, супесями, песком.
- 3. Под грубообломочным чехлом встречается слой дисперсного материала мощностью от 0,3—0,4 до 3,0 м. Ниже находятся скальные породы.
- 4. Грубообломочный материал расположен на рыхлых отложениях, представленных песками, супесями, суглинками с включениями щебня и глыб от 40 до 60%.
- 5. Грубообломочный чехол курума в нижней части разреза заполнен гольцовым льдом мощностью от 0,3 до 1,0 м.

# Динамика процесса курумообразования

- В курумообразовании выделяются три стадии:
- - зарождения, которая заключается в образовании на поверхности склона слоя грубообломочного материала с простейшим десерпционным механизмом перемещения;
- - прогрессивного развития, которая сопровождается увеличением мощности его чехла, промытого от дисперсного заполнителя, и усложнением механизма перемещения;
- - затухания, когда обломочный материал курума заполняется мелкоземом. Возможно полное исчезновение курума.
- Скорость движения курумов зависит от крутизны склона и свойств его нижних слоев и может изменяться от 1 до 1000 мм в год.
- В естественных условиях чехол курума подвижен: постепенно происходит его медленное смещение вниз, а в аномально теплые годы возможно и быстрое смещение материала.