

Ильяш В.В.

ВГУ, кафедра экологической геологии

Экологическая геодинамика

Лекция 7

Оползни

1. Факторы образования

Как и другие геологические процессы, оползни развиваются под влиянием двух групп факторов: природных и техногенных. Согласно И.П. Иванову и Ю.Б. Тржцинскому (2001), те, и другие можно разделить на 1) факторы, изменяющие свойства горных пород, слагающих склон; и 2) факторы, изменяющие напряженное состояние пород приоткосного массива

Наиболее часто оползни возникают на склонах, сложенных чередующимися водоупорными (глинистыми) и водоносными породами (например, песчано-гравийными, трещиноватыми известняковыми). Развитию оползней способствует такое залегание, когда слои расположены с наклоном в сторону склона или в этом же направлении пересечены трещинами. В сильно увлажнённых глинистых породах оползни приобретает форму потока. В плане оползни часто имеет форму полукольца, образуя выемку в склоне, называемую оползневый цирком. Продольный разрез и строение оползня показано на рис.1. При активном развитии оползневых процессов на одном и том же склоне могут образовываться последовательно несколько оползней. В этом случае формируется ступенчатый оползневый склон с более-менее выраженными в рельефе так называемыми оползневыми террасами.



Рис.1 . Продольный разрез оползневого склона

Таблица 1.

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

Климатические факторы формирования динамики оползней многообразны, т.к. они определяют их тепло-влагообеспеченность. Для оползней важнее степень увлажнения, т.е. то количество осадков, которое проникает в оползневой склон или оползневое тело. Влияние активной неотектоники проявляется в формировании сейсмогенных оползней, а также в

их приуроченности к зонам тектонической раздробленности. Последнее подтверждается рядом исследований для различных регионов России.

Таблица 2

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

2. Генетические типы оползней

Основными *генетическими типами* оползней являются:

- Оползни детрузивные или выдавливания;
- Оползни скольжения;
- Оползни вязко-пластические или деляпсивные;
- Сложные оползни.

Основными характерными чертами *оползней выдавливания* являются: наличие прослоев слабых пород в массиве, способствующих выдавливанию более прочным пород; снижение прочности слабых прослоев; значительные объемы оползневых массивов. Характерный пример таких оползней показан на следующем рис.2 (по Г.С.Золотареву, 1983):

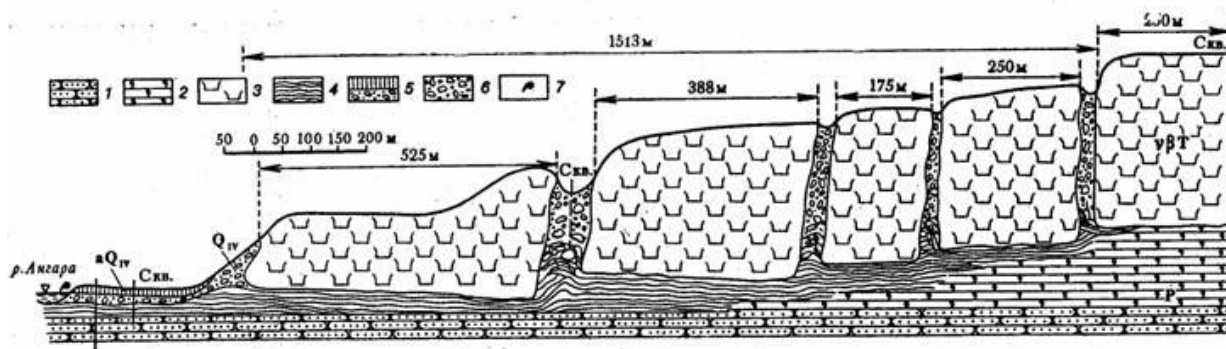


Схема развития оползней выдавливания на склонах р. Ангары (по Г. Б. Пальшину). 1 — песчаники карбона; 2 — алевролиты и аргиллиты карбона; 3 — интрузия траппов; 4 — глинистые породы в зоне пластических деформаций; 5 — аллювий; 6 — щебнистая осыпь — вверху и выдавленные глинистые массы внизу; 7 — родники

Рис 2. Оползни выдавливания

В пылевато-глинистых породах, особенно влажных, формируются *оползни вязко-пластического* типа. Основные черты вязко-пластического оползня следующие:

1. Возникают в глинистых и лессовых грунтах при их переувлажнении;
2. Смещаются не блоком, а сплошной вязко-пластичной массой;
3. Развиваются на относительно пологих склонах;
4. Часто приурочены к эрозионным ложбинам.

Наряду с ними в слабых песчано-глинистых породах часто формируются наиболее распространенные оползни скольжения. Основные черты *оползней скольжения* следующие:

- Смещение менее прочных блоков пород по более прочным;
- Часто – смещение по трещинам, ослабленным зонам и т.п.;
- Преимущественное развитие на относительно крутых склонах;
- Относительно крупные размеры оползневых тел.



Рис 3. Оползень-поток на пологом склоне, Калифорния, США



Рис.4. Древний крупный оползень-поток, охвативший всю долину



Рис. 5. Блоковый оползень. Крым, Любимовка.



Рис.6. Обвальнo-оползневой участок берега с отступающим от моря клифом в местах разгрузки подземных вод. Крым, Любимовка

Определенной генетической разновидностью вязко-пластического оползня является *лахар*. Лахар – вязко-пластичный оползень-поток, спровоцированный вулканическим извержением, когда под действием вулканического тепла или магмы происходит внезапное таяние снега у вершины вулкана, разжижаются тонко-дисперсные пепловые накопления на склонах и затем они в виде вязко-пластичной массы устремляются вниз.

3. Оценка оползней

При изучении оползней в инженерно-геологических или эколого-геологических целях определяются следующие *параметры*:

1. Площадная пораженность территории, %.
2. Площадь разового проявления на одном участке, км²
3. Объем захваченных пород при разовом проявлении, млн. м³
4. Скорость смещения, м/мес (см/год).
5. Повторяемость, ед . в год

Методы оценки устойчивости оползневых склонов разнообразны и подразделяются на:

- Сравнительно-геологические методы;
- Расчетные методы;
- Экспериментально-расчетные методы;
- Экспериментальные (методы моделирования).

К сравнительно-геологическим методам относится метод аналогий, суть которого состоит в том, что для оцениваемого оползневого склона подбирается его природный аналог, для которого известны условия его устойчивости. Основным условием переноса оценки с природного аналога на изучаемый склон (склоны) является обоснование схожести рассматриваемых геологических и иных условий на сравниваемых склонах.

Экспериментально-расчетные методы основаны на некоторых исходных параметрах оползневого тела, определяемых полевыми или лабораторными методами, которые затем используются в расчете

устойчивости оползневого тела. Так, например, экспериментальное определение угла внутреннего трения (ϕ) и сцепления (C) с последующим сравнением этих значений с моделью, позволяет создать расчетную модель оползневого склона и по ней определить его устойчивость.

К собственно экспериментальным методам оценки устойчивости оползневых склонов относятся различные методы моделирования (физического, центробежного, оптического и т.п.).

На основе инженерно-геологического изучения устойчивости оползневых склонов составляют региональные или локальные прогнозы оползневых процессов.

Региональный прогноз составляется для крупных территорий с учетом всех групп факторов; локальный прогноз разрабатывается для конкретных склонов.

Существуют методические указания по расчету устойчивости склонов, подверженных риску возникновения оползней, а также описание мероприятий профилактического характера

Расчетные параметры склона

Для выполнения расчетов устойчивости склонов и откосов составляют расчетную схему (с выделением участков отрыва, смещения, выпирания, вероятного расчленения блоков массива и пр.), Расчет устойчивости склонов и откосов по прочности сводится к определению коэффициента запаса устойчивости с помощью различных расчетных методов (метод круглоцилиндрической поверхности скольжения, метод горизонтальных сил Маслова-Берера, метод Шахунянца, метод наклонных сил Чугаева и др.), а также к сравнению его с требуемой величиной (приложения 2,3). Расчетные характеристики грунтов (объемная масса, угол внутреннего трения и сцепление) следует принимать соответствующими наименее благоприятным условиям устойчивости оползневого склона в годовом и многолетнем циклах.. Коэффициент запаса устойчивости откосов и оползневых участков после проведения противооползневых мероприятий принимается при расчете

по прочности не менее 1,3. При учете сейсмического воздействия величина активных сдвигающих сил должна быть увеличена на сейсмический коэффициент $K^c = 1,03, 1,1$.

4. Мероприятия профилактики схода оползней

В зависимости от причин, вызывающих оползни, предусматривают следующие мероприятия:

- а) регулирование поверхностного стока атмосферных осадков;
- б) дренирование подземных вод;
- в) защиту берегов от боковой эрозии;
- г) защиту грунтов поверхности склона от выветривания;
- д) уменьшение крутизны склонов и откосов для изменения напряженного состояния;
- е) устройство удерживающих сооружений;
- ж) изменение физико-механических свойств грунтов;
- з) установление специального режима в оползневой зоне.

Поверхностный сток с площади бассейна, прилегающего к оползню, следует перехватывать выше оползня устройством нагорных и водоотводных канав, открытых и закрытых лотков и т.д. В сильноводопроницаемых грунтах дно и стенки канав устраивают из водонепроницаемого материала.

Пропуск поверхностных вод через оползневую зону и сброс воды непосредственно на склоны не допускаются.

Для перехвата поверхностного стока с оползневого участка и осушения тела оползня следует применять лотки из отдельных звеньев телескопической формы из сборного железобетона, а на неустойчивых, водонасыщенных участках – осушительные канавы с грунтовыми и укрепленными откосами.

Для улучшения условий стока воды с поверхности оползневого склона осуществляют микропланировку его поверхности (ликвидируют впадины, бугры, забутовывают трещины отрыва и т.д.).

Мероприятия по дренированию подземных вод назначают для снижения уровня грунтовых вод и уменьшения фильтрационного давления, уменьшения дебита подземных вод, удаления гравитационной воды из оползневого массива, сбора и удаления выклинивающихся на поверхность подземных вод.

С помощью дренажных мероприятий невозможно полностью осушить грунты на поверхности скольжения, особенно при глубоком ее расположении, малой мощности подземных потоков, трещиноватости толщи и жильном характере грунтовых вод. Для оползней срезания и контактных оползней общую устойчивость оползневого тела следует повышать снижением уровня грунтовых вод и фильтрационного давления. Для поверхностных сплывов, оплывин и оползней-потоков, смешение которых происходит в виде вязкой массы, следует стремиться к полному перехвату грунтовых вод и осушению тела оползня.

На оползневых участках и склонах подземные воды перехватывают, устраивая:

горизонтальные – трубы, дренажные прорези, галереи, скважины-дрены;

вертикальные – колодцы, сквозные и забивные фильтры;

комбинированные дренажи;

пластовые дренажи и каптаж источников.

Подземные воды целесообразно перехватывать выше оползневого участка в несмещенной части склона или в голове оползня на границе между несмещенными и сползшими породами. При неглубоком залегании (до 5 м) водоупорного слоя применяют горизонтальные трубчатые дренажи с диаметром труб не менее 15 см.

Скважины-дрены можно сочетать с вертикальными дренажными колодцами, что позволит обеспечить отвод воды из песчано-глинистых отложений значительной мощности, содержащих большое количество отдельных линзовых бессточных скоплений подземных вод.

Вертикальный дренаж (дренажные колодцы) применяют для снятия гидростатического и фильтрационного давления нескольких водоносных горизонтов, залегающих на глубине более 6-8 м и перекрытых толщей слабоводопроницаемых пород. Колодцы с фильтрующей засыпкой целесообразно применять в грунтах с коэффициентом фильтрации не менее 0,5-1 м/сутки и закладывать на пониженных отметках подошвы водоносных горизонтов, где происходит скопление грунтовых вод.

Для осушения оползневых накоплений и тела оползня дренажные прорези выполняют в виде траншей, заполненных на всю мощность водовмещающих пород фильтром из песчано-гравийных материалов. Глубина заложения определяется мощностью оползневых накоплений и водовмещающих пород, но должна быть не более 8-10 м. Дренажные воды из прорезей собирают в водоотводящую канаву. Дренажные прорези применяют как временное мероприятие и после укрепления оползня заменяют горизонтальным трубчатым дренажом.

Удерживающие противооползневые сооружения наиболее целесообразны для укрепления оползневых участков, когда другие мероприятия не позволят достигнуть требуемого коэффициента запаса устойчивости. Во всех случаях устройство удерживающих сооружений необходимо совмещать с мероприятиями по дренированию подземных вод и осушению тела оползня.

К удерживающим противооползневым сооружениям относятся сооружения и конструкции, воспринимающие оползневое давление смещающихся грунтовых масс и предназначенные для повышения коэффициента устойчивости оползневого массива, расположенного выше проектируемого удерживающего сооружения. К ним относятся:

железобетонные сваи, забивные и буронабивные с ростверком или без него, заделанные в прочную, устойчивую породу; подпорные стены и контрфорсы, а также анкерные конструкции.