

Эрозия

Эрозия (от лат. *erosio* – размывание, разъедание) – процессы разрушения горных пород и почв водным потоком. Различают эрозию:

- плоскостную – плоскостной смыв на склонах;
- линейную – оврагообразование;
- в речных долинах.

Процессы разрушения проявляются в результате:

- механического воздействия потока, уносящего твердые частицы породы;
- растворения горных пород (коррозии) водой;
- истирания и обтачивания ложа потока переносимыми водой (корразия) частицами;
- температурного воздействия (термоэрозии) потока на льдосодержащие горные породы.

Эрозионные процессы являются одним из ведущих факторов, формирующих современный рельеф земной поверхности.

Плоскостной смыв

- Плоскостная (поверхностная) эрозия приводит к сглаживанию неровностей и уменьшает расчлененность рельефа. Преобладает струйчатая эрозия.
- **Факторы:**
- - рельеф – уклон (4-6 – 10-20°), протяженность, размах;
- - климат – количество, интенсивность и частота осадков, характер и скорость снеготаяния;
- - геологическое строение – сопротивление горных пород размыву (водопрочность): скальные и полускальные, пески, глины, лессы, наиболее интенсивно размываются почвы и продукты выветривания;
- - социально-экономические – уничтожение растительности, распашка, выпас скота, строительно-хозяйственная деятельность.
- **Скорость процесса** характеризуется коэффициентом смыва, определяемым путем повторного нивелирования:

V_m^3/S_m^2 за единицу времени.

В результате плоскостного смыва, совершаемого дождевыми и талыми водами, формируются отложения называемые делювием.

Скорость процесса

- характеризуется коэффициентом смыва, определяемым путем повторного нивелирования:

$V \text{ м}^3 / S \text{ м}^2$ за единицу времени.

В результате плоскостного смыва, совершаемого дождевыми и талыми водами, формируются отложения называемые делювием.

Показатели, характеризующие плоскостную эрозию

- Показателями, характеризующими динамику плоскостной эрозии, являются (СНиП 22-01-95):
 - - площадная пораженность территории (%),
 - - скорость развития плоскостной эрозии ($\text{м}^3/\text{га}$ в год),
 - - скорость временного водотока (V_x , м/с),
 - - модуль смыва почвы (W , т/га за год) .

Меры предупреждения

- Рациональное ведение хозяйства – соблюдение правил ведения строительных, горнодобывающих и сельскохозяйственных работ и норм землепользования.
- Лесомелиорация - искусственный посев быстрорастущих трав.
- Регулирование поверхностного стока – изоляции с использованием покрытий и отвод поверхностных вод .
- Укрепление пород, террасирование склонов.
- Наибольший ущерб плоскостной смыв наносит почвенному покрову – почвенная эрозия, модуль смыва почвы (W , т/га за год)

Овражная эрозия

- **Овражная эрозия** - разновидность линейной эрозии – возникает там, где равномерный плоскостной смыв нарушается и формируются под действием струй воды в существующих естественных понижениях отдельные промоины. Рост промоин приводит к размыву или эрозии пород склона. Так начинается процесс оврагообразования, сопровождающийся ростом промоины в глубину, ширину и вверх по склону.

Временные потоки, формирующиеся в пределах овражной сети, в устье оврага образуют конуса выноса, представленные особым типом отложений - пролювием.

Оврагообразование

- Оврагообразование - процесс стадийный. В развитии оврага выделяется четыре стадии (рисунок), в результате которых вырабатывается его продольный профиль.
- *Первая стадия* — стадия промоины или рытвины, в которой концентрируются потоки талых или дождевых вод. Глубина таких промоин 30—50 см. Продольный профиль следует за рельефом местности. Поперечный профиль промоины меняется от треугольного в верховьях до трапециевидного.
- *Вторая стадия* начинается с образования вершинного перепада или обрыва (2—10 м). Овраг растет в сторону водораздельного пространства (регрессивная эрозия). Устье оврага находится выше местного базиса эрозии. Глубина оврага достигает 10—30 м. Поперечный профиль имеет треугольную форму, борта оврагов крутые, обрывистые, обнаженные, пораженные склоновыми процессами. На этой стадии происходят разветвление оврагов и создание овражной системы. Возможен постоянный водоток.

Овражная эрозия

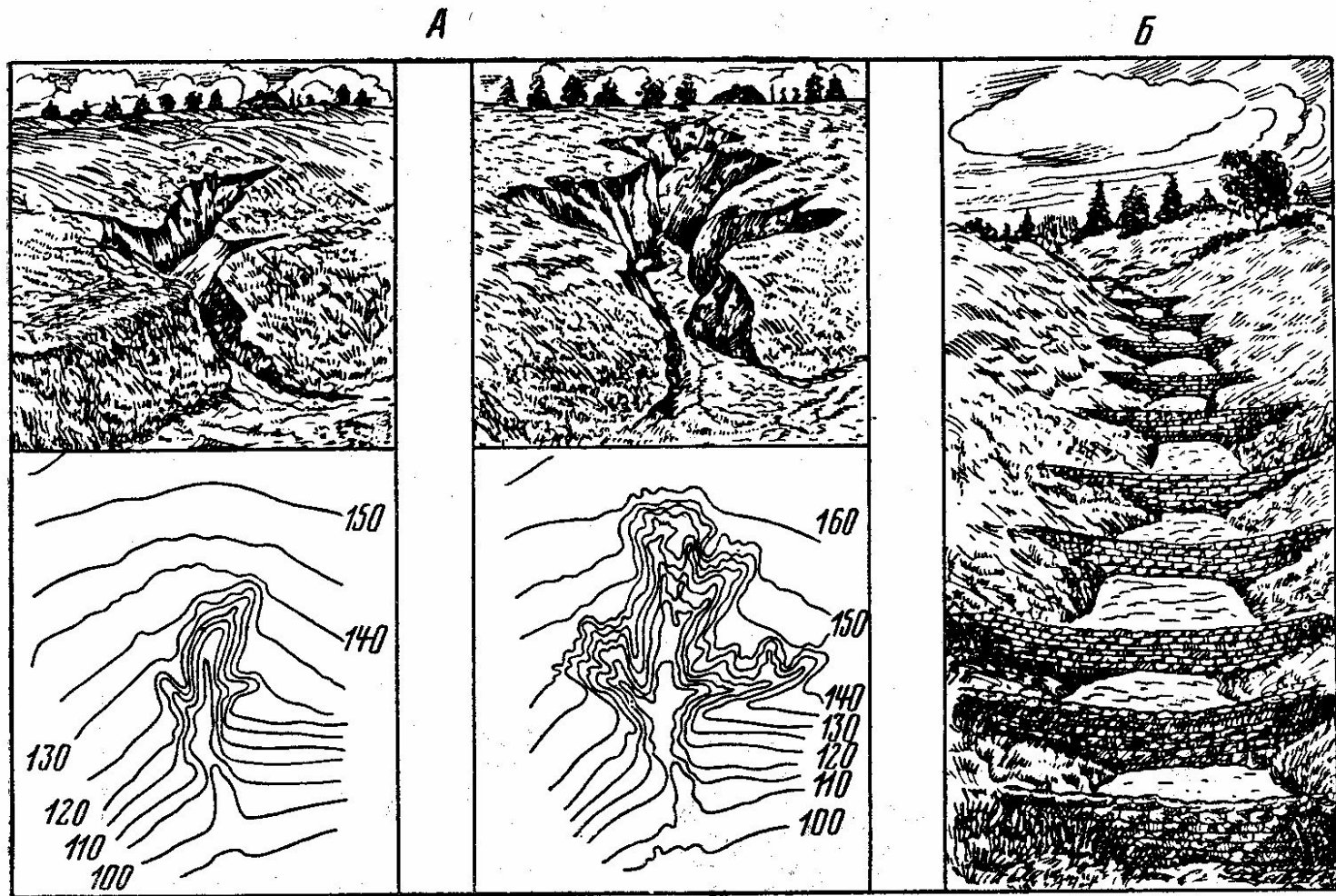


Схема развития оврага (А) и борьба с ростом оврага (Б), (рис. Н. П. Костенко)

Оврагообразование

- *Третья стадия* начинается, когда овраг достигает своим устьем базиса эрозии. Продольный профиль оврага приобретает вид плавной кривой, а поперечный в верхней части сохраняет обрывистые формы, тогда как в нижней выполаживается. Дно оврага становится широким и плоским, по нему течет временный или постоянный водный поток, который продолжает углублять и расширять овраг. Глубина оврага может достигать 20—30 м. Его склоны сглаживаются и покрываются растительностью.
- *Четвертая стадия* – стадия затухания. Происходит уменьшение глубинной эрозии, сглаживается обрыв вершины. Склоны оврага постепенно осыпаются и зарастают. Если овраг вскрывает водоносный горизонт, то возникает постоянный водоток – ручей, приводящий к дальнейшему углублению, расширению и удлинению оврага и формируется овражный аллювий. Склоны оврага покрываются делювиальными образованиями, осыпями, а на их поверхности формируется почва и растительный покров. Овраг с мягкими пологими склонами, покрытыми делювиальными отложениями называется балкой.

Условия формирования оврагов

- Характер, динамика, стадийность процессов оврагообразования зависит от комплекса природных и техногенных факторов, к которым можно отнести:
- - а) геологические условия – наличие неводопрочных, легкоразмываемых пород главным образом пылеватого состава, выветрелость пород, особенности напластования, неотектонические условия региона, определяющие изменение базиса эрозии и т.д.;
- - б) климатические условия – количество и тип выпадающих осадков, характер снеготаяния и т.п.;
- - в) геоморфологические особенности рельефа – общий уклон местности, крутизна склонов, наличие промоин, борозд, ям на поверхности и т.п.;
- - г) особенности почв и растительности, развитой на поверхности склонов;
- - д) неорганизованный сброс поливных, фильтрационных, хозяйственных и других вод с освоенных территорий;
- - е) распашку склонов, уничтожение растительности и иное землепользование с нарушением норм или не обеспеченное водосбросными мероприятиями;
- - ж) изменение уровней и режима рек и озер при создании водохранилищ, судоходных каналов и других инженерных сооружений.

Влияние человека на оврагообразование

- Инженерно-хозяйственная деятельность человека является мощным фактором роста интенсивности эрозионных процессов.
- - Нарушение режима поверхностного и подземного стока при строительстве гидротехнических сооружений,
- - Разрушение защитного растительного покрова при вырубке лесов и кустарников в процессе сельскохозяйственного освоения земель,
- - Формирование искусственного рельефа местности при строительстве дорог, каналов, горнодобывающих предприятий и т. п.
- Последствия оврагообразования, вызванного деятельностью человека, являются гораздо более масштабными и значительными, чем те, которые вызываются только природными факторами.

Показатели, используемые для оценки овражной эрозии

(СНиП 22-01-95)

- *Степень эрозионной расчлененности* (C_p , м³/га) - отношение приращения общего объема растущих оврагов за год, десятилетие или столетие к площади их водосборов, определяемых повторными аэро- или фототеодолитными съемками (Золотарев, 1983).
- *Коэффициент овражно-балочного расчленения* $K_{об}$ или *густота овражной сети* - отношение суммарной длины оврагов, балок и мелких речных долин к общей площади исследуемой территории (км/км²):

$$K_{об} = \frac{\sum_1^n l_i}{S_0}$$

где l_i — длина эрозионных форм, км; n — количество этих форм; S_0 — площадь изучаемой территории, км².

Коэффициент овражно-балочной пораженности ($K_{П}$)

$$K_{П} = \frac{\sum_1^n S_i}{S_0}$$

где S_i - площадь эрозионной формы по сечению на дневной поверхности; S_0 — площадь изучаемой территории, км²

Объем грунтовой массы V_0 , вынесенной оврагом, дает полное представление об интенсивности оврагообразования, так как для его определения используются все параметры оврага — глубина, ширина и длина (Попов, 1951):

$$V_0 = \frac{1}{2n} [(a_1 + b_1)h_1 + (a_2 + b_2)h_2 + \dots + (a_n + b_n)h_n] l_0$$

a и b - ширина оврага по верху и по низу в разных сечениях; h - глубина оврага в этих сечениях; l_0 - общая длина оврага; n - число сечений, в которых проводились измерения.

Плотность оврагов характеризуется показателем Π (шт/км²):

$$\Pi = N/S_T,$$

где N – общее число оврагов на данной территории площадью S_T .

Средняя длина оврагов задается показателем l_{cp} , км: $l_{cp} = K_{об}/\Pi$.

Мероприятия по стабилизации овражной эрозии

- Они направлены на
 - - снижение скоростей, расходов и энергии стока «овражных» вод;
 - - повышение эрозионной устойчивости размываемых пород.
- Инженерные мероприятия - комплекс гидротехнических сооружений, направленных на водоулавливание, водоудержание и водорегулирование поверхностных вод и атмосферных осадков: канавы, лотки, дамбы, валы, плотины.
- Инженерные мероприятия направленные на борьбу с растущими оврагами или на восстановление (рекультивацию) пораженной территории: засыпка эрозионных форм с последующей планировкой территории, мощение их камнем, укрепление их бетонными плитами или асфальтом. .

Мероприятия по стабилизации овражной эрозии

- Иногда используют методы технической мелиорации, направленные на укрепления склонов оврагов и балок, борьба с боковой эрозией и оползнями.
- Укрепление вершины оврага или отвод вод от неё.
- Лесомелиоративные мероприятия - агротехнические приёмы, которые устраняют или уменьшают поверхностный сток и способствуют задержанию влаги на полях: почвозащитные севообороты, вспашка и последующие обработки почвы поперёк склонов, прерывистое бороздование, щелевание, полосное размещение с.-х. культур, создание поперёк склонов полос-буферов из многолетних трав, заравнивание промоин и др., а также посадку водопоглощающих лесных полос по горизонталям склоновых земель.
- Для предотвращения развития эрозионных процессов необходимо соблюдать нормы и правила землепользования, агротехники строительства различных сооружений, предусматривающие предупреждение возникновения и развития оврагов, и своевременно осуществлять профилактику защитных инженерных сооружений

Речная эрозия

- Эрозионная деятельность рек осуществляется динамическим воздействием воды на горные породы, слагающие дно и берега реки, вызывая соответственно донную и боковую эрозию. В скальных грунтах к этому воздействию прибавляется корразия (обтачивание), т.е. истирание пород обломками, переносимыми речными водами. Когда речной поток встречает на своем пути воднорастворимые породы или породы, содержащие воднорастворимые соли, то он производит растворяющее воздействие (коррозия-разъедание).
- Эрозионная деятельность рек проявляется в размыве пойм и уступов речных террас и коренных склонов, в формировании бечевников рек. Наибольшее эрозионное воздействие речных потоков производится на поворотах русел.

Речная эрозия

- Для горных рек характерны более высокие скорости течения, чем для равнинных, но меньшие количества водной массы. Сверху вниз по течению увеличивается водная масса реки и уменьшается скорость ее течения. Для горных рек с большей скоростью течения характерна глубинная (донная) эрозия и перенос крупнообломочного материала, для медленно текущих равнинных рек — боковая эрозия и перенос мелкообломочного материала (песка, глины)
- В верхнем течении, где скорость выше, преобладает донная эрозия и перенос более крупнозернистого материала, в нижнем — боковая эрозия и перенос мелкозернистого материала.
- Перекрытие речных долин лавинами, обвалами, оползнями, лавовыми потоками приводит к формированию озер, таких как, Сарезское, Рица и др.
- Проявление повседневной донной и боковой эрозии формируют профиль речной долины

Факторы развития речной эрозии

- гидрологические и орографические – ширина реки, глубина, форма русла, скорость течения, твердый сток, наличие притоков, взаимоотношение с бассейном аккумуляции;
- геоморфологические – тип речной долины, ее уклон, положение базиса эрозии;
- геологические – тип пород вдоль речной долины, их водопрочность, размываемость, выветрелость;
- климатические – количество выпадающих осадков, регулирующих водность реки, наличие льда, длительность ледового периода;
- неотектонические, определяющие современный базис эрозии и динамику речного потока;
- наличие и характер растительности по берегам реки;
- техногенная деятельность человека.

Речная эрозия

- Интенсивность речной эрозии резко возрастает в периоды половодий и паводков, так как при этом возрастают и водная масса, и скорость ее течения.
- Интенсивность проявления эрозионных процессов зависит от состава пород в речной долине и их размываемости, наличия складчатых и разрывных структур, интенсивности и деференцированности современных тектонических движений.
- Техногенная деятельность человека оказывает значительное влияние на главный фактор речной эрозии — кинетическую энергию водного потока.
- Создание *водохранилищ* приводит к прекращению эрозионных процессов и наоборот развитию абразионного преобразования берегов верхнего бьефа, а в нижнем бьефе наблюдается активизация русловой эрозии.
- *Гидромелиоративные системы*, осушая болота, дренируют горизонты грунтовых вод, что в конечном итоге уменьшает подземный сток воды, питающей реки. С другой стороны, ликвидация болотных систем, аккумулирующих поверхностный сток и распределяющих его равномерно, способствует увеличению паводков во время таяния снега и выпадения дождей.
- **Перенос** в растворенном, во взвешенном состоянии и перекатыванием
- **Аккумуляция** с образованием перекатов, отмелей и т.д.

Показатели, характеризующие речную эрозию

- Изучение динамики процессов речной эрозии производится в процессе проведения инженерно-геологической съемки, натурных, включая режимные, наблюдений, а также с помощью дистанционных аэро- и космических методов.
- Основными количественными параметрами, характеризующими скорость боковой речной эрозии, является *скорость отступления берега* (м/год), а также *протяженность* (в погонных метрах) эрозионных участков вдоль русла реки.
- Оценка опасности русловых процессов характеризуется числом Лохтина (Л) и коэффициентом стабильности Н.И.Маккавеева (1986) (Кс).
- - *Число Лохтина* определяется по формуле: $L = d/I$, где d – крупность аллювия (донных отложений), мм; I - уклон, %.
- - *Коэффициент стабильности* (Кс) рассчитывается по формуле: $K_s = d/bI$, где b – ширина русла реки, м.

Мероприятия по предотвращению речной эрозии

- К профилактическим относятся агротехнические и лесотехнические предупреждающие мероприятия, реже строительство укрепительных или защищающих от воздействия водного потока сооружений (каменные пригрузки, канавы и др.), а также регулирование водного режима реки, особенно в периоды весенних и осенних половодий.
- Инженерные сооружения создаются для борьбы с боковой эрозией, с гравитационными явлениями на береговых склонах и на участках, угрожающих устойчивости зданий и сооружений. Это подпорные стенки, банкетты, пригрузочные призмы, а также струенаправляющие стенки, располагающиеся под углом к направлению течения реки и отклоняющие его от берега, защитные дамбы и буны, регулирующие направление течения реки.
- Для борьбы с донной речной эрозией применяют укрепление дна каменной наброской и фашинными тюфяками, загруженными камнем.
- В городах реки «одеваются» в камень в виде набережных, пристаней, подпорных стенок и других защитных сооружений.
- На многих реках ограничение их эрозионного воздействия связано со строительством защитных сооружений от гравитационных процессов и явлений на склонах.