

СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ

- **Гравитационные смещения пород на склонах и откосах**
- **Суффозия и карст**
- **Просадочные явления**
- **Ирригационная эрозия и суффозия**
- **Деформация откосов открытых дренажных каналов**
- **Опускание поверхности земли при понижении уровня грунтовых вод**

Гравитационные смещения пород на склонах и откосах

Освещен ряд современных геологических процессов: гравитационное смещение пород на склонах, суффозия и карст, происходящие при том или ином участии подземных вод.

Кроме природных процессов, в результате строительства и эксплуатации различных сооружений возникают в геологической среде и отражаются в рельефе инженерно-геологические процессы, угрожающие устойчивости сооружений и осложняющие их эксплуатацию. К этим процессам относятся: уплотнение глинистых и песчаных пород в основании сооружений, обуславливающее осадку последних; смещения пород на откосах различных выемок; просадочные явления; суффозия (ирригационная и др.); опускание поверхности земли в результате понижения уровня подземных вод и др.

Прогноз развития инженерно-геологических и современных геологических процессов позволяет предусмотреть в проектах необходимые профилактические мероприятия. Осуществить их технически проще и экономически выгоднее, чем ликвидировать последствия указанных процессов.

На естественных склонах и откосах искусственных выемок под воздействием собственной массы и поверхностных и подземных вод могут возникать оползни, обвалы, осыпи, оплывины, курумы.

Оползни — смещения вниз по склону глинистых пород с покрывающими их отложениями. Они происходят на берегах рек, морей, оврагов, озер, а также на откосах искусственных выемок — каналов, строительных котлованов и др. Оползневые явления представляют большую угрозу для гидротехнических сооружений, очень опасны на склонах речных долин в местах берегового примыкания плотин. В результате оползней могут разрушаться каналы, проходящие на косогорных участках, железные и шоссейные дороги, сокращаться полезная площадь и т. д.

Причины образования оползней, помимо благоприятного для этого геологического строения, в общем случае могут быть следующие: гидродинамическое действие подземных вод на породы склона и выветривание горных пород; подмыв склона рекой или морем; подрезка склона при строительстве каналов, дорог и других сооружений; застройка склона различными сооружениями, нарушающими равновесие склона вследствие увеличения нагрузки.

Особенно опасно воздействие на породы динамических нагрузок, например, от массы проходящих поездов; интенсивное увлажнение пород осадками, фильтрационными водами из каналов, поливными и грунтовыми водами, в результате чего возрастает масса пород, а силы сцепления в породе уменьшаются; недопустимая крутизна склонов; землетрясения.

Поверхность, по которой происходит движение оползня, называется *поверхностью скольжения, или смещения*. Линию пересечения поверхности скольжения со склоном ниже оползня называют подошвой оползня. Она может быть на уровне основания склона, выше или ниже его. В результате оползней склоны приобретают характерное очертание — почти отвесную плоскость отрыва в верхней части склона, внизу — бугристую массу тела оползня.

Для оценки возможности возникновения оползня пользуются *коэффициентом устойчивости* склона, который показывает соотношение сил сопротивления оползневому смещению и активных сдвигающих сил.

В образовании оползней выделяют четыре стадии (по Е. П. Емельяновой):

подготовки оползня, во время которой уменьшается коэффициент устойчивости склона и нарастает деформация пород, предшествующая их разрушению;

основного смещения оползня, во время которой вслед за разрушением пород вдоль поверхности скольжения происходит за сравнительно короткий срок большая часть оползневого смещения;

вторичных смещений — период, в который в теле оползня смещаются породы, не пришедшие во второй стадии в устойчивое состояние;

устойчивости (стабилизации) — горные породы не испытывают деформаций, коэффициент устойчивости склона постоянный или возрастает.

Продолжительность первых трех стадий различна. Наиболее длительна первая из них, хотя и последующие

могут протекать десятилетия. Последняя стадия может быть прервана при подрезке склона, землетрясениях и т. д.

Обвалы — смещение пород с отрывом от коренного склона — происходят обычно на крутых склонах, сложенных преимущественно скальными или твердыми глинистыми породами; они готовятся процессами выветривания.

Осыпи — накопление продуктов выветривания горных пород у подножия склонов (обычно обломки не отсортированы, остроугольны) — одна из форм делювиальных отложений. Они смещаются к основанию склона под действием собственной массы, что вызывается осадками.

Оплывины — смещение глинистых продуктов выветривания на склоне или откосе, насыщенных водой после выпадения обильных осадков или быстрого таяния снега; захватывают обычно слой породы небольшой мощности.

Курумы — скопления крупных обломков скальных пород, образованные в результате выветривания у подножия склонов; представляют поля каменных глыб.

Суффозия и карст

Различают механическую и химическую суффозию.

Механическая суффозия — процесс выноса мелких, частиц породы движущейся подземной водой; является следствием гидродинамического давления, которое оказывает на породу фильтрующаяся вода. Суффозия обычно происходит в песчаных породах, которым по сравнению с глинистыми свойственна большая скорость фильтрации. Вынос частиц начинается, когда напорный градиент достигает критического значения. Критический градиент, при котором происходит взвешивание песка, находящегося в движущейся воде, равен (по Е. А. Замарину)

$$J_{кр} = (\gamma - 1) (1 - n) + 0.5л, (75)$$

где γ — плотность песка; $л$ — пористость песка в долях единицы.

Суффозия обуславливает разрыхление породы, нередко сопровождающееся осадкой поверхности земли. Суффозия может наблюдаться в естественных склонах (берегах рек, оврагов и др.), при проходке туннелей, строительных котлованов и других подземных работах.

Суффозия в основании сооружений может привести к неравномерной осадке и даже к аварии, если они построены без учета этого явления. Известны примеры разрушения плотин, построенных на песчано-глинистых отложениях, в результате выноса в нижний бьеф песчаных частиц водами, фильтрующимися через основание.

Аналогичные процессы нередко наблюдаются и при откачке подземных вод из скважин. В результате суффозии в скважину вместе с водой поступает через фильтр песок водоносного слоя.

К механической суффозии близки явления *глинистого карста*, заключающегося в образовании в результате размыва фильтрующейся водой в глинистых породах пустот, пещер и др. Такие явления наблюдаются, например, на крутых склонах, сложенных лессовыми породами.

Химической суффозией называют процесс растворения или выщелачивания водой горных пород. Химическая суффозия может развиваться, в частности, в гипсоносных породах при фильтрации воды из каналов.

Примером химической суффозии является также карст

Карсту наиболее подвержены отложения каменной соли и гипса, ангидрит и известняк.

В результате карста в породах образуются пустоты и пещеры различных размеров. Для рельефа характерны карстовые воронки. Они образуются вследствие обрушения кровли карстовой полости (воронки провального происхождения) или размыва и выщелачивания породы просачивающейся поверхностной водой.

Просадочные явления

Лессы и лессовые породы, широко распространенные в районах сухого климата, характеризуются значительным преобладанием в их составе пылеватых частиц, высокой пористостью (44...54%), карбонатностью, макропористостью, быстрой размокаемостью в воде, легкой размываемостью. Высокая пористость и склонность лессовых пород к просадкам — следствие недоуплотненности их в период образования и последующей геологической истории, что в значительной мере обусловлено недостаточным увлажнением и повышенной испаряемостью, свойственными аридной зоне.

Просадочные явления в орошаемых районах возникают в результате фильтрации воды из каналов, водохранилищ и при поливах. Деформации, сопровождающиеся снижением прочности пород, обусловлены расклинивающим и смазывающим влиянием молекул воды, проникающих в места контактов частиц породы.

При интенсивных просадках опускание поверхности земли может достигать 2..2,5 м; при этом грунты, оседая, разбиваются трещинами на отдельные блоки (рис. 99). Расположенные на таких участках гидротехнические сооружения вследствие неравномерной осадки деформируются.

Просадка (при прочих равных условиях) тем больше, чем выше пористость пород и их мощность. Наиболее просадочны лессовые породы в районах пустынного и полупустынного климата. Меньшая интенсивность просадок характерна для степных районов, где осадков выпадает больше.

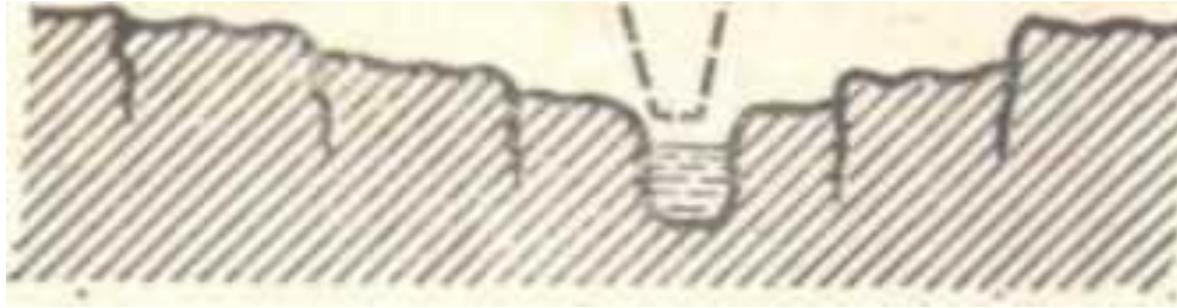


Схема просадочных явлений в лессовых породах в результате фильтрации воды из оросительного канала. Пунктиром показано первоначальное положение поверхности земли и канала.

На просадки резко влияет глубина залегания уровня грунтовых вод. Просадочность пород тем больше, чем глубже залегают грунтовые воды (при равных других условиях). На участках с близким залеганием грунтовых вод лессовые породы могут быть непросадочными, так как в результате увлажнения капиллярным подтоком влаги они уже испытали просадку.

Из-за просадок вдоль каналов последние теряют командование над прилегающими землями, затрудняется распределение воды. Работа сооружений, возведенных на каналах, нарушается.

Ирригационная эрозия и суффозия

Ирригационной эрозией называют размыв горных пород при утечке воды из неисправных оросительных каналов и сооружений, а также размыв сбросными водами при неупорядоченном отводе их. Этот инженерно-геологический процесс возникает на косогорных участках при пересеченном рельефе и больших уклонах его. В результате на склонах образуются глубокие промоины, происходит смыв почвы, сокращается площадь пашни.

Ирригационная суффозия (механическая, химическая) возникает в породах в результате фильтрации воды из оросительных каналов.

Суффозия интенсивно развивается в лессовых породах, отличающихся значительной макропористостью и повышенной гипсоносностью. Фильтрационные воды из каналов устремляются в ходы землероев, в пустоты, оставленные корнями растений, размывают их, удаляя частицы породы, и образуют крупные подземные промоины.

Если в породе содержатся гипс и водорастворимые соли, возможна химическая суффозия, которая обычно развивается одновременно с механической или предшествует ей.

Опасность ирригационной суффозии и неблагоприятных последствий ее особенно возрастает, когда канал проходит в полунасыпи-полувыемке. Известны примеры прорыва дамб магистральных каналов, проложенных в суглинках, содержащих значительные включения гипса. Причиной аварии послужила химическая и механическая суффозия гипсоносных пород в основании дамбы при фильтрации воды из канала. Опасность такой суффозии особенно возрастает, если рядом с каналом параллельно ему построена дрена для борьбы с подтоплением земель, прилегающих к каналу.

Причины аварий каналов: недостаточная изученность инженерно-геологических условий или последние изучены, но не составлены прогнозы инженерно-геологических процессов, или же, если прогнозы составлены, проектировщик не придавал значения прогнозу и не предусмотрел защитных мероприятий, обеспечивающих нормальную эксплуатацию каналов и других сооружений.

Деформация откосов открытых дренажных каналов

Деформации откосов осушительных каналов на переувлажненных землях и коллекторно-дренажной сети в орошаемых районах приводят к уменьшению глубины каналов, что снижает их дренирующее влияние. Очистка и углубление каналов очень трудоемки. Например, только в Узбекистане ежегодный объем работ по очистке коллекторно-дренажной сети превышает 30... 35 млн. м³.

Породы откосов испытывают дополнительное давление, направленное в сторону откоса, за счет гидродинамического воздействия фильтрующейся грунтовой воды. Особенно большой перепад уровней бывает при резких снижениях уровня воды, что часто наблюдается в коллекторах и дренах после прекращения сбросов оросительных вод.

Повышение уровня воды в коллекторе приводит к насыщению водой пород откоса. Последующее снижение уровней лишает откос «опоры» (в виде слоя воды в коллекторе), а вода, насыщавшая породы, устремляется в коллектор, увлекая за собой частицы породы.

В результате происходит оплывание откоса, в основании его образуются ниши. Затем обрушается верхняя часть откоса. Сбросные воды одновременно размывают откосы и заиляют коллекторно-дренажную сеть.

В песчаных отложениях суффозия может вызвать деформации откосов и вне влияния колебаний уровня воды в коллекторах. В этом случае в откосах образуются выемки и массы вынесенной породы смещаются в коллектор. Возможны также деформации откосов оползневого характера.

Деформаций откосов, свойственных открытым каналам, можно избежать путем строительства закрытого дренажа, более эффективного и экономичного в эксплуатации по сравнению с открытым. Для поддержания устойчивых откосов открытых каналов важно не допускать сбросов с полей оросительных вод, что достигается применением совершенной техники полива и высокой дисциплиной водопользования.

Гидротехнические сооружения, возводимые на осушительной сети и осушенных землях в рассматриваемых районах, могут также деформироваться в результате изменений теплового режима пород. Эти изменения могут быть связаны с хозяйственными факторами или сезонным оттаиванием и промерзанием песчано-глинистых пород деятельного слоя и пучением пород в основании сооружений.

Опускание поверхности земли при понижении уровня грунтовых вод

Рассматриваемый инженерно-геологический процесс развивается при осушении переувлажненных торфянистых почв. Он возможен при определенных гидрогеологических условиях в результате интенсивной откачки подземных вод, а также эксплуатации месторождений нефти и газа. Опускание поверхности торфяников вызывается снижением уровня грунтовых вод после постройки осушительной сети. Осадка происходит вследствие обезвоживания и высыхания торфа, уменьшения взвешивающего давления грунтовых вод биохимического разложения торфа и т. д.

Максимального значения она достигает вблизи дрен. Осадка торфа может нарушать нормальную работу закрытых дрен и других гидротехнических сооружений, осложняет рельеф полей, затрудняет самотечный отвод дренажных вод. Кроме того, осадка сопровождается увеличением объемной массы торфа, уменьшением его водоотдачи и водопроницаемости. Например, по данным А. И. Мурашко, на одном из низинных болот Белоруссии до осушения коэффициент фильтрации составлял 5...6 м/сут, после осушения на участках с глубиной залегания грунтовых вод 0,4; 0,8 и 1,1 м соответственно уменьшился: за первый год — в 2,6; 4,8 и 8,3 раза; за два года — в 2,9; 13,5 и 22,9 раза; за три года — в 3,4; 14 и 23,9 раза.

Опускание земли из-за интенсивной откачки подземных вод возможно, если покровные отложения и слои, разделяющие водоносные горизонты, представлены глинами и суглинками и другими сжимаемыми породами. Опускание происходит вследствие уменьшения взвешивающего влияния воды, что приводит к увеличению давления вышележащих пород и уплотнению отдельных слоев и самих водосодержащих пород. В результате поверхность земли опускается вслед за понижением уровня подземных вод.

Столица Мексики г. Мехико расположен в межгорной котловине, сложенной мощной толщей переслаивающихся аллювиальных и озерных песков, высокопластичных глин, илов и других отложений. Водоснабжение города базируется на интенсивной эксплуатации напорных водоносных горизонтов, залегающих на глубине 100... 300 м. В результате эксплуатации пьезометрические уровни резко снизились, что привело к значительному оседанию поверхности. Средняя осадка за 1880... 1956 гг. составила 5,7 м. Скорость осадки была пропорциональна отбору подземных вод и в некоторые годы интенсивного отбора достигала 50 см в год.

Город Осака (Япония) расположен на берегу одноименного залива. Для водоснабжения города эксплуатируется несколько напорных водоносных горизонтов, заключенных в толще переслаивающихся слоев гравия, гравелистых песков и глин. Интенсивный отбор подземных вод привел к значительному снижению пьезометрического уровня и оседанию земной поверхности. Только за период с 1935... 1958 гг. оседание на некоторых участках города достигло 175...190 см, а в 1960 г. — 22 см.

