

ЛЕКЦИЯ №1

Геология – наука о Земле, ее строении, составе, истории развития и процессах, происходящих в ней. Основным объектом изучения геологии является литосфера (от греческого «литос» – камень), или наружная твердая оболочка Земли – земная кора.

Инженерная геология изучает геологические процессы верхних горизонтов земной коры и физико-механические свойства горных пород (грунтов) в связи с инженерно-строительной деятельностью человека. В ее состав входят:

1. грунтоведение – учения о грунтах;
2. инженерная геодинамика – природные и антропогенные геологические процессы и явления;
3. региональная инженерная геология и свойства геологической среды определенной территории.

Кроме того, в состав современной инженерной геологии входят специальные разделы, имеющие уровень самостоятельных наук: механика грунтов; механика скальных пород; инженерная гидрогеология; инженерная геофизика; геокриология (мерзловедение), а так же комплексная дисциплина по охране природной среды, основой которой является экология.

Главная цель инженерной геологии – изучение природной геологической обстановки местности до начала строительства, а также прогноз тех изменений, которые произойдут в геологической среде, и в первую очередь в породах, в процессе строительства и при эксплуатации сооружений. В современных условиях ни одно здание или сооружение не может быть спроектировано, построено и надежно эксплуатироваться (а в последствии может быть ликвидировано или реконструировано) без достоверных и полных инженерно-геологических материалов. Все это определяет основные задачи, которые стоят перед инженерами геологами, а именно:

1. выбор оптимального (благоприятного) в геологическом отношении места строительства данного объекта;
2. выявление инженерно-геологических условий в целях определения наиболее рациональных конструкций фундаментов и объекта в целом, а также технологии производства строительных работ;
3. выработка рекомендаций по необходимым мероприятиям и сооружениям инженерной защиты территорий и охране геологической среды при строительстве и эксплуатации сооружений.

Форма Земли. Форма Земли именуется Земным шаром. Масса Земли равна $5,98 \times 10^{27}$ г, объем – $1,083 \times 10^{27}$ см³. Среднее ускорение силы тяжести 981 гал.

Иногда форму Земли именуют сфероидом, но для Земли есть и собственное наименование формы, а именно – **геоид**. Поверхность земного шара на 70,8% (361,1 млн км²) занята поверхностными водами (океанами, морями, озерами, водохранилищами, реками и т.д.). Суша составляет 29,2% (148,9 млн км²).

Строение Земли. Земля сложена как бы несколькими концентрическими оболочками: **внешними** – атмосфера (газовая), гидросфера (водная), биосфера (область распространения живого вещества, по В.И. Вернадскому) и **внутренними**, которые называют собственно геосферами (ядро, мантия и литосфера).

Земная кора представляет собой верхний слой Земли, который имеет нижнюю границу или подошву по сейсмическим данным по слою Мохоровичича. Для инженера-геолога земная кора является основным объектом исследований, именно на ее поверхности и в ее недрах возводятся инженерные сооружения. В частности, для решения многих практических задач важны выяснения процессов формирования поверхности земной коры, истории этого формирования. В целом поверхность земной коры формируется воздействием направленных друг другу процессов: **эндогенных** включающих в себя тектонические и магматические процессы, которые ведут к вертикальным перемещениям в земной коре – поднятием и опусканием, т.е. создают «неровности» рельефа; **экзогенных** вызывающих денудацию (выполаживание, выравнивание) рельефа за счет выветривания, эрозии различных видов и гравитационных сил; седиментационных (осадконакопления), как «выполняющих» осадками все созданные при эндогенезе неровности. В настоящее время выделяются два типа земной коры: «базальтовая» океаническая и «гранитная» континентальная.

Земная кора имеет алюмосиликатный состав, представленный, главным образом, легкоплавкими соединениями. Из химических элементов преобладающими являются кислород (43,13%), кремний (26,0%) и алюминий (7,45%) в форме силикатов и оксидов.

Литосфера – это каменная оболочка Земли, объединяющая земную кору, подкоровую часть верхней мантии и подстилаемая астеносферой. Характерным признаком литосферы является то, что в нее входят породы в твердом кристаллическом состоянии и она обладает жесткостью и прочностью. Астеносфера, подстилающая литосферу, не обладает прочностью и может пластично деформироваться, вплоть до способности течь, даже под действием малых избыточных давлений. В масштабах геологического времени она ведет себя как вязкая жидкость. Таким образом, литосфера способна к движению относительно нижней мантии за счет ослабленной астеносферы. Мощность литосферы меняется от нескольких километров под рифтовыми долинами срединных океанических хребтов до 100 км под периферией океанов, а под древними щитами мощность литосферы достигает 300-350 км. Земная кора имеет два основных источника тепла: от Солнца и от распада радиоактивных веществ в своей нижней части на границе с верхней мантией. В недрах же Земли температура увеличивается с глубиной от 1300° С в верхней мантии до 3700° С в центре ядра.

Величина нарастания t^0 на каждые 100 м глубины называется геотермическим градиентом, а глубина, при которой t^0 повышается на 1° С –

геотермической ступенью. Теоретически средняя величина этой ступени составляет 33 м.

Нарастание температуры с глубиной следует учитывать при проектировании сооружений глубокого заложения, особенно при активно развивающемся в последние годы освоении подземного пространства городов, при строительстве метрополитенов, при проектируемых хранилищах различного рода промышленных отходов, особенно радиоактивных.

Геохронология земной коры. Установление возраста горных пород необходимо для оценки их свойств и определения положения среди других пород. Вся геологическая документация, в частности геологические карты и разрезы, требуют применения показателей возраста пород. Различают абсолютный и относительный возраст горных пород.

Абсолютный возраст – это продолжительность существования («жизни») породы, выраженная в годах. Для его определения применяют методы, основанные на использовании процессов радиоактивных превращений. Которые имеют место в некоторых химических элементах (уран, калий, рубидий и др.), входящих в состав пород. Так, зная, какое количество свинца образуется из 1 г урана в год, определяя их совместное содержание в данном минерале, можно найти абсолютный возраст минерала и той горной породы, в которой он находится. Это позволяет определить возраст в миллионах лет.

Относительный возраст позволяет определять возраст пород относительно друг друга, т.е. устанавливать, какие породы древнее, какие моложе. Используют два метода: стратиграфический и палеонтологический. **Стратиграфический** метод применяется для толщ с ненарушенным горизонтальным залеганием слоев. При этом считают, что нижележащие слои (породы) являются более древними, чем вышележащие. Этот метод не используют при залегании слоев в виде складок.

Палеонтологический метод позволяет определить возраст осадочных пород по отношению друг к другу независимо от характера залегания слоев и сопоставлять возраст пород, залегающих на различных участках. В основу метода положена история развития органической жизни на Земле. Животные и растительные организмы развивались постепенно, последовательно. Остатки вымерших организмов захоронялись в тех осадках, которые накапливались в тот отрезок времени, когда они жили.

Зная последовательный период жизни вымерших организмов, по их остаткам можно определить относительный возраст слоев осадочных пород.

Движения земной коры. Подвижность земной коры в значительной степени зависит от характера ее тектонических структур. Наиболее крупными структурами являются платформы и геосинклинали. **Платформы** относятся к устойчивым, жестким, малоподвижным структурам. Им свойственны выровненные формы рельефа (Сибирская платформа). Платформам свойственны спокойные, медленные движения вертикального характера. В противоположность платформам **геосинклинали** представляют собой подвижные участки земной коры.

Для них характерны разнообразные тектонические движения, вулканы, сейсмические явления.

Тектонические движения земной коры можно разделить на три основных типа: колебательные, выражающиеся в медленных поднятиях и опусканиях отдельных участков земной коры и приводящих к образованию крупных поднятий и прогибов; складчатые, обуславливающие смятия горизонтальных слоев земной коры в складки; разрывные, приводящие к разрывам слоев и массивов горных пород.

Для инженерной геологии особый интерес представляют современные колебательные движения, вызывающие изменение высот поверхности земли в данном районе. Для надежной оценки скорости их проявления применяют геодезические работы высокой точности. Современные колебательные движения необходимо учитывать при строительстве гидротехнических сооружений типа водохранилищ, плотин, городов у моря и т.д.

Сейсмические (сотрясения) явления проявляются в виде упругих колебаний земной коры и типичны районам геосинклиналей. Сейсмические явления возникают как на дне океанов, так и на суше. В связи с этим различают моретрясения и землетрясения. При моретрясении возникают разрушительные волны **цунами**. Самая высокая сейсмическая волна – цунами поднялась у побережья Аляски в 1964 г. Высота ее достигала 66 м, а скорость 585 км/час. Очаг зарождения сейсмических волн называют **гипоцентром**. Непосредственно над гипоцентром на поверхности Земли располагается **эпицентр**.

Большое практическое значение для жизни и производственной деятельности человека имеет предсказание момента начала землетрясения и его силы. Но проблема прогнозирования землетрясений еще находится на стадии разработки.

Вулканизм – это процесс прорыва магмы из глубин земной коры на поверхность земли. Строительство зданий и сооружений в вулканических районах имеет определенные трудности. Землетрясения обычно не достигают разрушительной силы, но продукты, выделяемые вулканом, могут пагубно сказаться на целостности зданий и сооружений и их устойчивости.

Многие газы, выделяемые при извержениях, например, сернистые, опасны для людей. Конденсация паров воды вызывает катастрофические ливни и грязевые потоки. Лава образует потоки, ширина и длина которых зависят от уклона и рельефа местности. Длина потока достигает 80 км (Исландия), мощность 10-50 м. Скорость течения основных лав составляет 30 км/час, кислых – 5-7 км/час. Из вулканов взлетают вулканические пеплы, песок, лапилли (1-3 см в диаметре), бомбы (от см до нескольких метров).

ЛЕКЦИЯ №2

Рельеф поверхности земной коры. Наука, которая занимается изучением рельефа земной поверхности, его происхождением и развитием, называется **геоморфологией**.

Рельеф – это совокупность всех форм земной поверхности – возвышений, равнин и углублений. Эти «неровности» на поверхности Земли весьма динамичны, находятся в состоянии непрерывного изменения и превращения. В процессе этих изменений уничтожаются старые и возникают новые формы рельефа. Все это происходит в результате воздействия на земную поверхность сил, возникающих при проявлении эндогенных (внутренних) и экзогенных (внешних) процессов на Земле.

Рельеф имеет серьезное значение для перераспределения тепла, влаги, поверхностных и грунтовых вод, отложений рыхлых наносов, для передвижения воздушных масс. Рельеф играет значительную геологическую роль в проявлении выветривания, плоскостного смыва, эрозии и т.д. Он оказывает большое влияние на размещение, характер и устойчивость промышленных и гражданских зданий и сооружений, не говоря уж о трассировании дорог, прокладке оросительных и судоходных каналов, строительстве плотин, ГЭС, проходке горных выработок и т.д. Чтобы правильно оценить влияние рельефа на строительные объекты инженер-строитель должен знать основные положения науки о рельефе – геоморфологии.

Эколог же должен предвидеть какие последствия возникнут при воздействии этих объектов на определенном рельефе и принять меры при негативном их воздействии на окружающую среду.

Происхождение форм рельефа. По своему происхождению формы рельефа подразделяют в зависимости от преобладающего фактора – силы, вызвавшей образование данной формы. Это две большие группы:

1. формы рельефа, обусловленные деятельностью эндогенных сил, т.е. тектоникой земной коры;
2. формы рельефа, обусловленные деятельностью экзогенных сил на поверхности земли.

Первая группа форм рельефа связана с движениями земной коры (колебательными, горообразующими). Эти формы называют тектоническими.

Вторая группа связана с процессами выветривания, текучими водами, ветром, деятельностью живых организмов, в том числе и человека. Эти формы разделяют на эрозионные, например, вызванные деятельностью текучих вод, и аккумулятивные, например, накопление наносов в реках. Среди второй группы выделяют формы: речные (аллювиальные), ветровые (эоловые), ледниковые и т.д.

Элементы рельефа. К элементам рельефа относят поверхности, линии и точки, составляющие формы рельефа. Поверхности образуют форму рельефа. Они могут быть горизонтальными, наклонными, выпуклыми, вогнутыми и сложными.

Линии являются результатом пересечения поверхностей. Различают линии водораздельную, водосливную, бровку.

Водораздельная линия разделяет поверхностный сток двух противоположных склонов. Водосливная является результатом пересечения двух поверхностей – склонов и проходит по дну долин, балок и оврагов и т.д.

Подошвенная ограничивает основания склонов в различных форм рельефа; бровка – эта линия, по которой происходит резкий перегиб склона, т.е. резкая смена его крутизны.

К характерным точкам рельефа относят вершинные (наибольшая высота на данном участке местности), перевальные (дно понижений гребней хребтов), устьевые (устья рек) и донные (наиболее низкая точка понижений рельефа).

Формы рельефа. Образованы из различных сочетаний элементов рельефа. Различают две группы: **положительные** – выпуклые по отношению к плоскости горизонта, и **отрицательные** – вогнутые. Самыми крупными являются тектонические формы рельефа (горные хребты, равнины, морские понижения, т.е. все, что образует основной и постоянный облик рельефа земной поверхности). Эрозионные (речные долины, овраги и пр.) и аккумулятивные (речные террасы, дюны, барханы и т.д.) формы имеют значительно меньшие размеры и непостоянны во времени.

К положительным формам рельефа относят: нагорье (например, Памир), горный кряж (Енисейский) горный хребет, гора, плоскогорье, плато, гряда, увал, холм, курган, бугор, конус выноса.

Отрицательными формами являются: котловина, долина, балка, овраг, промоина, лощина или ложбина стока.

Размеры форм рельефа. По своим размерам формы рельефа могут быть весьма разнообразны – от нескольких см до десятков и сотен тысяч км². Размеры форм рельефа могут существенно влиять на условия строительства, а также указывать на наличие тех или иных природных геологических явлений и инженерно-геологических процессов.

По своей величине формы рельефа делят на семь основных групп: мельчайшие, очень мелкие, мелкие, средние, крупные, крупнейшие и величайшие. Мельчайшие формы рельефа размером до нескольких см по высоте и имеющие площадь в несколько см² (песчаная рябь, борозды на полях и т.п.) обычно не имеют существенного значения для строительства. На топокарты эти формы рельефа не наносят.

Очень мелкие формы рельефа, высота которых измеряется несколькими дециметрами, редко 1-2 метра, наносят на карты крупного масштаба условными знаками. Это кочки, рывтины, мелкие промоины, которые указывают на значительную активность плоскостной и струйчатой эрозии, что необходимо иметь в виду при планировке поверхности на строительных площадках.

Мелкие формы рельефа, которые называют обычно микрорельефом, занимают сравнительно небольшие участки в несколько м², реже в несколько десятков и иногда сотен м², высота их не более нескольких метров. Эти формы

рельефа проецируют на карты масштабов 1:10000, 1:5000 и более. Изучение микрорельефа дает богатую информацию о природной обстановке и об инженерно-геологических условиях данной строительной площадки.

Средние формы рельефа, или мезорельеф, характеризуется значительным протяжением, до нескольких десятков км и измеряются сотнями, тысячами, реже сотнями тысяч квадратных метров в плане, при глубине расчленения до 200 м. Положительный мезорельеф – это холмы, бугры, курганы, гребни, уступы, террасы в долинах рек и озер, гряды невысоких возвышенностей. Отрицательный – короткие и неглубокие овраги, балки, большие карстовые воронки, ложбины и т.п. Этот рельеф хорошо изображается на картах масштаба 1:50000 и дает возможность оценить природные и инженерно-геологические условия целых поселков и микрорайонов на предварительных стадиях проектирования.

Крупные формы рельефа или макрорельеф, характеризуются десятками, сотнями и реже тысячами км² в плане и расчленением по глубине на 200–2000 м. Такой рельеф изображается на картах масштаба 1:100000 и 1:1000000. Положительные его формы – это горные хребты, отдельные горы, горные массивы и т.д., а отрицательные – большие долины, озерные впадины крупных водоемов типа Ладожского и Онежского озер. Такой рельеф помогает дать инженерно-геологическую оценку крупных территорий при планировании размещения строительных объектов.

Крупнейшие формы рельефа или мегарельеф, занимают площади в десятки и сотни тысяч км², причем разница в отметках между положительными формами может достигать 500–4000 м. Эти формы отображают на картах масштаба 1:10000000, к ним можно отнести, например, Минусинскую котловину и Западно-Сибирскую низменность.

Величайшие (планетарные) формы рельефа измеряются миллионами км², разница в отметках уровней отрицательного и положительного достигает 2500–6500 м, а максимальная 20000 м. Положительные формы рельефа – материки, отрицательные – океанические впадины.

Итак, формы рельефа отображаются на топографических картах, масштаб которых весьма различен (от 1:2000 до 1:1000000), что связано с задачами, которые стоят перед строителями объектов.

На картах крупные формы рельефа изображаются горизонталями, а мелкие – условными знаками. При решении задач строительства необходимо особое внимание уделять динамике земной поверхности, т.е. оценивать существующие формы рельефа в их развитии. Следует помнить, что отдельные формы рельефа в определенные отрезки времени могут быть стабильными, т.е. находиться в состоянии динамического равновесия, но это равновесие временное и может нарушаться в силу природных воздействий или строительных работ по возведению и эксплуатации зданий и сооружений.

Типы рельефа. Формы рельефа на каждой территории встречаются в определенных сочетаниях, что придает ей своеобразный облик. Если они повторяются на местности и находятся в закономерных связях друг с другом и

окружающей средой, то мы имеем не отдельные формы рельефа, а их комплексы или типы, т.е. определенные сочетания форм рельефа, закономерно повторяющихся на обширных пространствах поверхности земной коры, имеющих сходные происхождение, геологическое строение и историю развития.

Имеется три типа рельефа: равнинный, холмистый и горный. Холмистый рельеф представляет собой переходный тип между равнинным и горным. Это холмы с относительными высотами не более 200 м и понижениями между ними в виде ложбин и котловин.

Равнина – это тип рельефа, который отличается малыми колебаниями высот, не выходящими за пределы 200 м.

Равнины – наиболее удобные территории для расселения, где человек активно занимается инженерно-строительной деятельностью.

Горный рельеф представляет собой крупные с относительной высотой более 200 м возвышенности (горы, хребты) и понижения (долины, впадины, котловины). По происхождению горы принято делить на тектонические, вулканические и эрозионные. Высота гор в значительной степени отражается в характере рельефа, поэтому при классификации гор используют еще высотный признак. По высоте горы делят на высокие, средне высокие и низкие. Высокие горы имеют абсолютные отметки более 2000 м с относительным превышением в 1000 м на 2 км протяженности по линиям, перпендикулярным к направлению речных долин. Для этих гор характерны такие природные геологические явления, как сели, снежные лавины, обвалы.

Средневысотные горы имеют абсолютные отметки от 700 до 2000 м и глубину относительного вреза 500-700 на 2 км протяженности. Эти горы имеют широкое распространение в Сибири и на Дальнем Востоке. Для них характерны осыпи и курумы, а в пустынях – эоловые формы выдувания.

Низкие горы имеют абсолютные отметки до 700-800 м и глубину расчленения от 150 до 450 м на 2 км протяженности, склоны обычно пологие (Салаир, Горная Шория).

В период проектирования зданий и сооружений необходимо четко представлять задачи, которые следует решать геоморфологически:

1. определять пригодность данного рельефа как такового, так и в динамике для строительства;
2. устанавливать форму и тип рельефа;
3. определять происхождение рельефа в целях выяснения его устойчивости во времени;
4. определять возможную скорость изменения форм рельефа на строительной территории, т.е. составлять прогноз на будущее, на период эксплуатации объекта (например, скорость размыва берега и дна реки, рост оврагов и т.д.);
5. устанавливать, как динамика рельефа может повлиять на устойчивость объекта и возможности его бесперебойного функционирования.

ЛЕКЦИЯ №3

Инженерно-геологическая классификация горных пород (грунтов).

Объектом изучения инженерной геологии являются грунты – почвы и горные породы, изучаемые как основания фундаментов различных инженерных сооружений, как среда, в которой строятся каналы, котлованы, тоннели, карьеры, выемки и др. сооружения, и как строительный материал для возведения насыпей, дамб, плотин и др. инженерных объектов.

Для изучения горных пород, как грунтов, важное значение имеет их общая инженерно-геологическая классификация, т.е. разделение на классы по общности их инженерно-геологических свойств.

Классификация ГОСТ 25100-95 грунты разделяют на следующие классы – природные: скальные, дисперсные, мерзлые; и техногенные образования. Каждый класс имеет свои подразделения.

Скальные грунты. Их структуры с жесткими кристаллическими связями, например, гранит, известняк. Класс включает две группы грунтов:

1. скальные, куда входит три подгруппы пород: магматические, метаморфические, осадочные сцементированные и хемогенные;
2. полускальные в виде двух подгрупп – магматические излившиеся и осадочные породы типы мергеля и гипса.

Грунт скальный – грунт состоящий из кристаллитов (кристаллов) одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи кристаллизационного типа, грунт полускальный – грунт, состоящий из одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи цементационного типа. Условная граница между скальными и полускальными грунтами принимается по прочности на одноосное сжатие ($R \geq 5$ МПа – скальные грунты; $R_c < 5$ МПа – полускальные грунты).

Единицы измерения прочности Паскаль (Па) – единица давления в СИ. Паскаль – давление, вызванное силой 1 ньютон (Н), равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности площадью 1 м^2 .

Ньютон – единица силы и веса в СИ. Н равен силе, сообщаемой телу массой 1 кг ускорение 1 м/сек^2 в направлении действия силы.

Единицы кратные 1 Па – 1 кПа (10^3 Па); 1 МПа (10^6 Па); 1 ГПа (10^9 Па);

кило

мега

гига

1 мкПа (10^{-6} Па); 1 мПа (10^{-3} Па).

микро

милли

Дисперсные грунты В этот класс входят только осадочные горные породы. Класс разделяется на две группы – связных и несвязных грунтов. Для них характерны механические и водноколлоидные структурные связи. Связные грунты делятся на три типа – минеральные (глинистые образования), органо-минеральные (илы, сапропели и др.) и органические (торфы).

Несвязные грунты представлены песками и крупнообломочными породами (гравий, щебень и др. В основу разновидностей грунтов положены плотность, засоленность, гранулометрический состав и др. показатели.

Мерзлые грунты. Эти грунты имеют криогенные структурные связи, т.е. цементом грунтов является лед. В состав класса входят практически все скальные, полускальные и связные грунты, находящиеся в условиях отрицательных температур. К этим трем группам добавляется группа ледяных грунтов в виде надземных и подземных льдов. Разновидности мерзлых грунтов основываются по льдистым (криогенным) структурам, засоленности, температурно-прочным свойствам и др.

Техногенные грунты. Эти грунты представляют собой, с одной стороны, природные породы – скальные, дисперсные, мерзлые, которые в каких-либо целях были подвергнуты физическому или физико-химическому воздействию, а с другой стороны, искусственные минеральные и органо-минеральные образования, сформировавшиеся в процессе бытовой и производственной деятельности человека. Их иногда называют антропогенным образованием.

Основные общие характеристики грунтов. Химический и минералогический, биота (гумус) гранулометрический состав – количественное соотношение различных фракций в дисперсных породах, т.е. гранулометрический состав показывает, какого размера частицы и в каком количестве содержатся в той или иной породе.

Газы в грунтах, вода.

Строение грунтов. Под строением грунтов понимают совокупность их структурно-текстурных особенностей, т.е. структуру и текстуру. Под структурой грунта понимают размер, форму, характер поверхности, количественное соотношение слагающих его элементов (минералов, обломков минералов и горных пород, других отдельных частиц, агрегатов, цемента) и характер взаимосвязи их друг с другом. Под текстурой – пространственное расположение слагающих элементов грунта (независимо от их размера).

Состояние грунтов. К числу характеристик, определяющих состояние грунтов, относят степень трещиноватости, выветренности, влажности, водонасыщенности, плотности и др.

Все перечисленные характеристики состояния грунтов в их «предельных» значениях резко ухудшают свойства массивов при приложении вибрационных динамических, в частности, сейсмических нагрузок.

Основные понятия при оценке инженерно-геологических свойств грунтов. Физические свойства грунтов. Наиболее важным являются плотность и пористость породы.

Плотность грунта – это отношение массы породы, включая массу воды в ее порах, к занимаемому этой породой объему. Плотность породы зависит от минералогического состава, влажности и характера сложения (пористости). $P = m/V$, где P – плотность, г/см³, кг/м³, т/м³; m – масса породы с естественной влажностью и сложением, г; V – объем, занимаемый породой, см³.

Плотностью частиц грунта называют отношение массы сухого грунта, исключая массу воды в его порах, к объему твердой части этого грунта:

$P_s = (m - m_v) / V_t$, где P_s – плотность грунта, г/см³, кг/м³, т/м³; m_v – масса воды в порах, г; V_t – объем твердой части грунта, см³.

Удельный вес грунта – характеризует отношение веса грунта, включая вес воды в его порах, к занимаемому этим грунтом объему, включая поры. $\gamma = P \cdot g$, где γ – удельный вес грунта, Н/м³, g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/сек².

Пористость пород представляет собой характеристику пустот или свободных промежутков между минеральными частицами, составляющими породу.

Пористость выражают в виде процентного отношения объема пустот к общему объему породы:

$n = (V_{п}/V) \cdot 100$ где $V_{п}$ – объем пустот породы, см³; V – объем, занимаемый породой, см³. Кроме того пористость можно выразить через значение плотности грунта:

$$n = [(P_s - P_d)] \cdot 100;$$

$$n = (1 - P_d/P_s)$$

P_d – плотность с колота породы =

$P / (1 + 0,01 W)$; где P – плотность породы, г/см³; W – влажность породы, %

Приведенный пористостью или коэффициентом пористости называют отношение объема пустот (пор) к объему твердых минеральных частиц породы. Коэффициент пористости выражается в долях единицы по формулам: $e = V_{п}/V_s$, $e = n / (1 - n)$ или $e = (P_s - P_d) / P_d$

Водно-физические свойства грунтов. Влажностью породы W называют отношение массы воды, содержащейся в порах породы к массе сухой породы.

Под естественной (весовой) влажностью породы W , %, понимается количество воды, содержащейся в породе в естественных условиях: $W = (m - m_1) / m_1 \cdot 100$, где m – масса породы вместе с содержащейся в ней водой, г; m_1 – масса высушенной породы, г.

Максимально возможное содержание в грунте связанной, капиллярной, гравитационной воды при полном заложении пор называют полной влагоемкостью породы и определяют по формулам: $W_{п} = n / P_d$ или $W_{п} = e P_w / P_s$, где $W_{п}$ – полная влагоемкость, P_w – плотность воды, г/см³; e – коэффициент пористости; P_s – плотность грунта, г/см³, кг/м³, т/м³.

По степени водонасыщенности все рыхлые породы подразделяют на четыре основные группы (по величине степени влажности S_r): сухие – 0-0,2; слабо влажные – 0,2-0,4; влажные – 0,4-0,8; насыщенные водой – 0,8-1,0. Степень влажности $S_r = W \cdot P_s (100 - n) / n$ или $S_r = W P_s / e \cdot P_w$, где S_r – степень влажности породы, %; W – естественная влажность породы, %; P_w – плотность воды, г/см³, n – пористость, %; P_w – плотность воды, г/см³; e – коэффициент пористости.

Кроме этих характеристик грунтов, существует **пластичность** – способность породы изменять под действием внешних сил (давления) свою

форму, т.е. деформироваться, без разрыва сплошности и сохранять полученную форму, как действие внешней силы прекратилось.

Деформируемость глинистых пород под действием давления зависит от их консистенции (относительной влажности).

Набухание – способность глинистых пород при насыщении водой увеличивать свой объем.

Усадка породы – уменьшение объема породы под влиянием высыхания.

Размокание – способность глинистых пород в соприкосновении со стоячей водой терять связность и разрушаться.

Сжимаемость грунтов – способность деформироваться под влиянием внешней нагрузки, например, давления от возведенных сооружений, не подвергаясь разрушению.

Прочность грунтов. Эта характеристика является определяющей при решении инженерно-геологических задач. Сопротивление грунтов сдвигу является их важнейшим прочным свойством. Разрушение грунта происходит в виде перемещений одной части грунтового массива или слоистой толщи относительно другой.

Морозоустойчивость – способность влажной горной породы противостоять разрушающему действию замерзающей в ее порах и трещинах воды.

ЛЕКЦИЯ №4

Горные породы (магматические) Горные породы представляют собой природные минеральные агрегаты, которые «рождаются» в земной коре. Каждой породе свойственно известное постоянство химического и минерального состава, структуры, а иногда и условий залегания в земной коре.

Горные породы чаще всего полиминеральные. В отдельных случаях они могут состоять из одного минерала (кварцит из кварца, мрамор из кальцита). Горные породы не имеют химических формул. Их состав оценивается валовым химическим анализом, например, химический состав базальта: SiO_2 – 49-52 %, Al_2O_3 – 10-14 %, Fe_2O_3 – 4-14 %, CaO – 8-10 % и т.д.

Сейчас в земной коре установлено около 1000 горных пород. По своему происхождению их делят на три типа: магматические, осадочные и метаморфические. В земной коре магматические и метаморфические породы занимают 95 % от общей ее массы. Осадочные породы располагаются непосредственно на поверхности Земли, покрывая собой в большинстве случаев магматические и метаморфические породы.

Магматические горные породы. Происхождение и классификация. Магматическими (или изверженными) горными породами называют породы, которые образовались в результате кристаллизации магмы при ее остывании в недрах Земли или на ее поверхности.

Магма (или лава) – это сложный силикатный состав примерно следующего состава: O_2 – 46,7 %, кремний – 27,7 %, алюминий – 8,1 %, железо – 5,1, кальций – 3,6 %, магний – 2,1 %, натрий – 2,7 %, калий – 2,6 %, другие элементы обычно не превышают в среднем 1,4 %. Температура магмы различна, но обычно 100-1300⁰С.

В зависимости от условий, в которых происходит охлаждение и застывание (потеря подвижности) магмы, горные породы делят на интрузивные (глубинные) и эффузивные (излившиеся). Разновидностями этих пород соответственно будут жильные и вулканические. При формировании вулканических пород магму называют лавой.

К настоящему времени петрографами выделено и описано множество разновидностей изверженных горных пород различного химико-минералогического состава.

Большинство силикатов (как правило, минералы магматических пород – это силикаты) имеют ковалентную связь между основными структурными элементами, что и создает высокую прочность магматических пород. При этом наибольшие значения модуля упругости и наибольшая прочность проявляются у горных пород, имеющих плотную, компактную структуру с высокой ковалентностью связи (дуниты, пироксениты, перидотиты). Но не только это влияет на формирование прочности горных пород. Весьма важным является их последующее изменение в результате выветривания, скорость и интенсивность которого в значительной мере определяется особенностями минералогического состава. Так известно, что одним из наиболее устойчивых минералов к

выветриванию является кварц. Слюды же легко расслаиваются под влиянием колебаний температуры, особенно если происходит их попеременное замораживание и оттаивание.

Хорошо известно, что пирит легко окисляется и в присутствии воды образует серную кислоту, тем самым ускоряя процесс выветривания других минералов в породе.

Однако на устойчивость пород к выветриванию, на прочностные и деформационные характеристики влияет не только минералогический состав, но в большей степени их структурно-текстурные особенности. Структуры и текстуры магматических горных пород определяются их генезисом.

Структура – особенности внутреннего строения породы, обусловление формой, размерами, количественным соотношением ее составных частей – минералов. В магматических породах различают ряд структур:

1. зернистые, типичные для глубинных пород;
2. полукристаллические (совместное нахождение кристаллов и аморфного стекла);
2. стекловатые, типичные для излившихся пород.

Текстура (сложение) характеризует пространственное расположение частей породы в ее объеме, «рисунки» породы. Для магматических пород характерны следующие текстуры:

1. массивная – равномерное расположение минералов;
2. полосчатая – чередование в породе участков различного минерального состава или различной структуры; шлаковая (пузырчатая) – порода, содержащая видимые глазом пустоты.

Отдельности. При остывании магмы в связи с изменением объема в породах возникают тончайшие трещины, которые разбивают массив на отдельные участки (формы). В зависимости от системы расположения трещин возникают отдельности: столбчатая (базальт), глыбовая (гранит), шаровая (диабаз) и др.

Одной из наиболее важных характеристик, определяющих свойства магматических пород, является химический состав, формирующий в значительной мере их облик и обязательно минеральный состав. При классификации магматических пород по химическому составу используются данные о содержании в них диоксида кремния — SiO_2 (в % по массе). Выделяют породы кислого состава (75-65), среднего (65-52), основного (52-40), и ультраосновного ($\text{SiO}_2 < 40$ %), для которых характерны вполне определенные главные порообразующие минералы или их ассоциации.

Все магматические горные породы имеют с точки зрения использования их в строительстве достаточно много общего между собой (так общность физико-механических характеристик обусловлена наличием практически у всех магматических пород жестких кристаллизационных связей между зернами минералов, возникающими в процессе формирования породы). Вследствие этого все магматические горные породы имеют высокую прочность, значительно превышающую нагрузки, известные и возможные в инженерно-строительной

практике, нерастворимые в воде и практически водонепроницаемые в сохранившем виде. Благодаря этому они, широко используются в качестве оснований сооружений, особенно ответственных и уникальных, поэтому более 30 % всех высоких плотин на Земле построено на магматических горных породах.

Инженерно-геологическая характеристика некоторых интрузивных пород. Среди интрузий наиболее распространенными являются породы кислого состава: граниты, гранодиориты, кварцевые диориты. Формы залегания достаточно обычны, штоки, лакколиты. По своему строению интрузии выполнены следующим образом: во внутренних частях преобладают крупно- и среднезернистые породы, в краевых – мелкозернистые. Свойства пород естественным образом различны в разных частях интрузий, что определяется не только их структурой, но и разным характером трещиноватости, включая и микротрещиноватость. Как известно, основными показателями физико-механических горных пород являются их плотность, водопоглощение, временное сопротивление сжатию, деформационные характеристики. Не составляют исключения из этого правила граниты и другие кислые породы. Граниты часто используются в качестве оснований гидротехнических сооружений и строительных материалов. Следует отметить, что биотитовые граниты имеют показатели прочности в среднем около 80 МПа, а в образцах, где отмечено замещение биотита хлоритом, прочность падает до 60-70 МПа. Самой низкой прочностью обладают фельдшпатизированные породы гранитного состава с характерной порфировидной структурой ($F_{сж.} = 40-45$ МПа).

В типичных гранитах в сохранившем виде (в невыветренных образцах) прочность примерно одинакова как в водонасыщенном, так и в воздушно-сухом состоянии. Рассматривая влияние возраста и условий формирования гранитных интрузий, следует отметить, что платформенные граниты обычно прочнее молодых, например, кавказских, и обычно прочнее других древних. Это объясняется значительно меньшей катаклазированнойностью первых по отношению ко всем другим. Модули упругости лежат в диапазоне $(40-85) \times 10^3$ МПа. Модули общей деформации для гранитных массивов обычно несколько ниже полученных в испытаниях отдельных образцов, и их абсолютные значения определяются, в первую очередь, трещиноватостью.

Интрузивные породы основного состава типа габбро по распределению прочности уступают гранитам. Довольно часто они встречаются на Урале, имеются на Кольском полуострове, Алтае.

Показатели физико-механических свойств в габбровых породах лежат в очень широких пределах, что объясняется их неоднородностью по составу и значительным изменением при тектонических процессах. Прочность на сжатие колеблется в пределах от 40-80 до 200-300 МПа при средних значениях, превышающих 100 МПа.

Е.М. Сергеев отмечает, что даже в водонасыщенном состоянии среднее расчетное значение временного сопротивления сжатию обычно оценивается в 125 МПа, при этом установлено, что для габбро водонасыщение и промораживание

слабо влияют на его прочностные характеристики. Показатели деформационных свойств габбро очень высоки, например, статистический модуль упругости равен 125 МПа.

Водопроницаемость габбро определяется закономерностями распределения в их массиве трещин и зон тектонических нарушений. По данным ряда специалистов установлено, что сильно разрушенные трещиноватые габбровые породы имеют коэффициент фильтрации 40 м/сут. и более, тогда как неизменные нетрещиноватые габбро практически водонепроницаемы (удельное водопоглощение в них менее 0,01).

Отмечено, что породы габбрового состава обычно сильно рассланцованы, что приводит к интенсификации в них процессов выветривания. Коры выветривания габбро часто вполне отчетливо подразделяются на две части: верхняя зона (мощностью до нескольких метров) представлена обломками и щебнем выветрелой породы с участками рыхлой песчано-глинистой массы, нижняя зона (мощностью до 5-10 м, вдоль крупных тектонических трещин она распределяется на 20 м и более) сложена сильнотрещиноватыми водопроницаемыми породами типа «разборной» скалы.

Особое место среди интрузивных пород основного состава занимают долериты и диабазы (хотя последние рассматриваются, как правило, в ряду эффузивных пород). Эти породы слагают известные траппы Сибирской платформы. Типичной формой залегания пород являются силлы (пластовые залегания) в толще палеозойских пород. Эти породы подробно изучались при строительстве Братской, Усть-Илимской, Хантайской и Вилуйской ГЭС. Следует заметить, что ссылки на результаты исследований магматических пород преимущественно на гидроэнергетических объектах обусловлены тем, что обычно эти сооружения передают такие нагрузки, которые могут быть восприняты исключительно рассматриваемыми породами. Диабазы и долериты имеют высокую прочность, весьма близкую по своим значениям для различных петрографических разновидностей. Среднее значение плотности 2,95-2,96 г/см³, пористость составляет 2,0-2,9 %. Физико-механические свойства базальтов и андезитов-базальтов отличаются весьма значительным разнообразием, что объясняется большими различиями в их минеральном составе, структуре и текстуре.

Выветрелые диабазы, естественно характеризуются меньшей плотностью, повышенной пористостью и меньшей прочностью: плотность снижается до 2,81-2,74 г/см³, пористость растет до 7 %, а прочность падает до 50 МПа и даже до 7 МПа, резко снижаются показатели деформационных свойств.

Водопроницаемость диабазов в трапповых интрузиях очень слабая. Только в зонах выветривания водопроницаемость резко возрастает, достигая в значениях коэффициента фильтрации 10 м/сут. Естественно она увеличивается и на участках развития трещиноватости в породах.

Инженерно-геологическая характеристика некоторых эффузивных пород. Излившиеся (эффузивные) породы отличаются большим разнообразием

состава и условий залегания. Наибольшее распространение среди них имеют базальты. Объемное содержание их в земной коре, примерно, в пять раз превышает объем всех остальных эффузивных пород вместе взятых. Базальтам обычно сопутствуют андезиты. Наиболее характерными формами залегания базальтов являются покровы и потоки. На Сибирской платформе описаны весьма обширные базальтовые излияния.

Итак, приведем характеристику некоторых представителей этой группы пород. Так, базальты м/кристаллической структуры имеют плотность до $3,3 \text{ г/см}^3$, временное сопротивление сжатию до 500 МПа, в то время, как прочность пористых разностей базальтов может снижаться до 20 МПа и менее. Древние палеотипные породы также отличаются большой изменчивостью прочностных и деформационных свойств, но в общем в средних значениях по этим показателям они превышают более молодые разности. Объясняется это раскристаллизацией вулканического стекла, постепенным заполнением пор вторичными минералами, а также другими постмагматическими преобразованиями излившихся пород. Наибольшей прочностью, как установлено, обладают оливиновые разности базальтов, наименьшей – авгитовые, при весьма существенном влиянии на нее особенностей структуры и текстуры пород. Например, среди мезозойских базальтов Сибирской платформы наиболее прочными являются массивные неизмененные порфировые базальты с микродиабазовой и микродолеритовой структурой. Установлено, что увеличение содержания разрушенного вулканического стекла до 10-15 % снижает прочность базальтов на 10-20 %, примерно также сказывается на ней и содержание миндалинов в количестве 10-20 %.

Естественно, что степень выветрелости пород существенным образом отражается на их физико-механических характеристиках, например, резко понижает прочность. Так для дальневосточных свежих разностей андезитобазальтов $R_{сж} = 87-132 \text{ МПа}$, в слабыветрелых – 64-82 МПа, средневыветрелых – 41-60 МПа, значительно выветрелых – 19-28 МПа. Объясняется это резким изменением состояния и свойств слагающих породу минералов.

Особую группу пород представляют вулканические туфы, среди которых встречаются, как очень слабые разности, так и довольно прочные. При выветривании они часто превращаются в каолиновые и бентонитовые глины. Отмечен также процесс, приводящий к упрочнению этих пород путем постепенного окремнения и цементации.

ЛЕКЦИЯ №5

Техническая мелиорация грунтов. Многие грунты в своем природном состоянии по своим свойствам не отвечают тем или иным требованиям строительства. Они могут быть недостаточно прочными, неводостойкими, переувлажненными, рыхлыми, трещиноватыми и т.д. Поэтому появляется потребность в определенном преобразовании грунтов и придании им тех или иных необходимых для строительства свойств.

Решением вопросов улучшения свойств грунтов занимается специальное направление инж. геологии – техническая мелиорация грунтов. Существуют два основных пути получения улучшенных грунтов – уплотнение (изменение физическим воздействием) и закрепление (изменение физико-химическим воздействием). Под грунтами, измененными физическим воздействием, понимают природные грунты, в которых техногенное воздействие (уплотнение, замораживание, тепловое воздействие, оттаивание и т.д.) изменяет строение и фазовый состав. Под грунтами, измененными физико-химическим воздействием, понимают природные грунты, в которых техногенное воздействие изменяет их вещественный состав, структуру и текстуру. При уплотнении, как правило, дисперсных грунтов происходит уменьшение их пористости, увеличивается количество контактов между частицами. Это приводит к увеличению общей прочности грунтового основания и уменьшению его сжимаемости. Грунты уплотняются, как с поверхности (катками, тяжелыми трамбовками, вибрацией, замачиванием), так и в глубине толщ (грунтовые сваи, взрывы, замачивание и т.д.). Это достигается повышением прочности контактов между отдельными частицами грунта или грунтовыми агрегатами путем склеивания частиц различными химическими веществами (силикатизация, цементация и др. методы), спекание частиц друг с другом (при обжиге грунтов, применение СВЧ – сверх высоких частот), путем создания ледовых контактов (замораживание грунтов), путем армирования грунтового массива (применение различных типов анкеров, геотекстильных и нетканых синтетических материалов) и т.д.

Для упрочнения скальных и полускальных трещиноватых грунтов используют в основном закрепляющие методы – цементацию, битумизацию, глинизацию и др. Улучшение свойств дисперсных грунтов производятся всеми методами, как закрепление, так и уплотнение. Для крупнообломочных грунтов используют силикатизацию, цементацию, битумизацию, замораживание (при небольших значениях коэффициентов фильтрации); для песчаных грунтов – силикатизацию, термическую обработку, смолизацию, кольматацию, замораживание, виброуплотнение, трамбование, укатку, замачивание (для лёссов), замораживание и др.; для связных органоминеральных и органических грунтов (илы, торф, заторфанные грунты и др.) – электроосмос, электрохимическое закрепление, замораживание, гравитационное уплотнение и др.

Следует запомнить, что все многолетнемерзлые грунты при оттаивании резко ухудшают свои прочностные и деформационные показатели.

Наибольшее количество методов улучшения свойств связано с дисперсными грунтами. Методы имеют различную сферу использования: одни методы применимы только в предпостроечный период; другие, как в предпостроечный период, так и во время строительства и эксплуатации объекта (метод силикатизации). Улучшение свойств грунтов в ряде случаев осуществляется после предварительного нарушения природных структурных связей (трамбование, укатка), а в других случаях это достигается при сохранении этих связей (силикатизация, химическая обработка).

Скальные грунты. Ослабление прочности этих грунтов связано с трещиноватостью и пустотностью. Трещины скрепляются металлическими скобами, заделываются цементом и силикатными растворами, что придает скальным грунтам монолитность и прочность. Последнее называют тампонажным закреплением. В целях прекращения фильтрации воды трещины заливают горячим битумом или забивают глиной. Аналогичные способы используют для пустот, если они расположены вблизи поверхности земли и ограничены в объемах (противофильтрационные методы). Водорастворимые скальные грунты (хемогенные известняки), которые имеют достаточно высокие прочностные и деформационные показатели, защищают укладкой на их поверхность слоев глин или тяжелых суглинков (защитные методы).

Дисперсные **грунты**. Улучшить свойства рыхлых и связных грунтов можно различными методами. По своим особенностям их разделяют на три группы:

1. физико-механические (механические и физические;
2. физико-химические;
3. химические.

Многие методы по своему содержанию не вписываются в рамки одной какой-либо группы и часто очень тесно связаны друг с другом. В литературе по строительству методы технической мелиорации разделяют на две другие группы: методы уплотнения и методы закрепления грунтов. Под уплотнением имеется в виду механическое упражнение грунтов, а под закреплением все другие способы улучшения свойств (физические, физико-химические и химические).

Физико-механические методы. Механические методы дают возможность уплотнять дисперсные грунты внешними нагрузками (давлением, ударами, вибрацией). Различают следующие способы уплотнения грунтов:

1. трамбованием;
2. грунтонабивными сваями;
3. виброуплотнением;
4. энергией взрыва;
5. укаткой;
6. гравитацией.

Сущность всех этих способов однотипная – уплотнение грунтов происходит за счет уменьшения пористости. При этом природные структуры грунтов нарушаются и формируются новые. Механическое уплотнение применяют, как для рыхлых, так и для связных грунтов.

Трамбование. Метод получил наибольшее применение для механического уплотнения пылевато-глинистых грунтов. Используют трамбовки до 7 т. В последние годы появился метод применения трамбовок до 80-100 тонн. Глубина затрамбованных лёссовых просадочных суглинков может достигать 3-3,5 м. Применяют также двухслойное уплотнение. Общая мощность утрамбованного грунта при этом может достигать 5 метров.

Грунтовые сваи относят к методам глубинного уплотнения грунтовых массивов и используют для всех видов пылевато-глинистых грунтов, но наибольший эффект они дают в лёссовых просадочных грунтах. Вначале в грунте проходят буровые скважины. При этом вокруг скважин образуются зоны из уплотненных грунтов. Далее скважины заполняют грунтом с уплотнением. Такие сваи придают прочность массивам грунтов, а в лёссовых грунтах устраняют просадочные свойства.

Виброуплотнение применяют для повышения плотности песков. Различают поверхностное и глубинное виброуплотнения. Поверхностное производят с помощью вибрирующей плиты (уплотняет до 3 м) и используют для уплотнения оснований, дорожных одежд, песчаных подушек и насыпей. Глубинное виброуплотнение осуществляют глубинными вибраторами при одновременном водонасыщении грунтов. Этот способ применяют в основном для повышения несущей способности грунтов оснований.

Энергия взрывов (сейсмическое уплотнение) позволяет производить уплотнение грунтов в глубине массивов (водонасыщенных песков, лёссовых грунтов II типа по просадочности и др.), а также создавать в глубине массивов грунтов подземные пустоты, которые можно использовать, как емкость для хранения нефти и других продуктов.

Укатку грунтов применяют в дорожном строительстве, а также при подготовке оснований под полы в промышленных цехах и при планировке территорий строительных площадок.

Метод гравитации в виде статических нагрузок широко используют для уплотнения водонасыщенных грунтов (илов, торфяников и др.). Различают наземное и подводное гравитационное уплотнение. Наземное уплотнение применяют для обжатия и повышения несущей способности органоминеральных и органогенных грунтов. В качестве пригрузки используют песок (гравий, галечник) в виде слоев мощностью 2-3 м. Под действием нагрузки происходит отжатие воды и уплотнение грунтов. Способ подводного уплотнения применяют при строительстве сооружений в прибрежных речных и морских водах, где на дне залегают илы. На илы укладывают толщи песка, илы уплотняются и становятся надежным основанием.

Метод замачивания используют для механического уплотнения лёссовых просадочных грунтов. Этот метод применяют, как до строительства, так и в период эксплуатации объекта.

Физические методы используют физические поля (электрические, температурные, магнитные). С помощью этих методов можно повышать

плотность, прочность, водо- и морозостойкость грунтов, устранять просадочные свойства в лёссовых образованиях. Наибольшее распространение получили методы, в основе которых лежат:

1. использование постоянного электрического тока (электрохимическое закрепление и осушение грунтов);

2. воздействие на грунты высоких температур (обжиг) и низких температур (замораживание). Все физические методы способны воздействовать на массивы грунтов на всю их глубину.

Физико-химические методы предназначены для обработки на поверхности земли дисперсных грунтов. Они дают возможность сохранять и даже упрочнять их структуру, защищать ее от воздействия воды. Улучшение свойств осуществляется путем обработки грунтов небольшим количеством (не более 1-3 % от веса грунта) определенных реагентов, которые воздействуют на поверхность минеральных частиц и в целом на всю структуру. К физико-химическим методам относятся:

1. солонцевание грунтов (обработка солями);

2. глинизация (или иначе «кольматация») массивов грунтов глинистыми растворами;

3. гидрофобизация, т.е. покрытие грунтовых структур поверхностно-активными веществами (ПАВ), которые позволяют грунту отталкивать воду.

Все эти методы чаще всего используют в дорожном строительстве. Для укрепления лёссовых грунтов и песков наиболее эффективным способом является кольматация. Используя большую пористость, в эти грунты под давлением нагнетается суспензия из гидрофильной (монтмориллонитовой) глины. Глинистые частицы заполняют поры, усиливают структурные связи и делают грунты более прочными, менее водопроницаемыми.

Химические методы. Улучшать свойства грунтов можно, воздействуя на них органическими и неорганическими вяжущими веществами, которые вводятся в грунты в количестве 1-5 %. Упрочнение грунтов происходит в результате изменения их состава и характера структурных связей. Наиболее широко применяют битумизацию и смолизацию (органические вяжущие), силикатизацию, цементацию и известкование (минеральные вяжущие). Обработка грунтов органическими веществами и известкование относятся, в основном, к поверхностным методам, а неорганическими вяжущими – к глубинным методам.

Битумизация основана на введение в грунты битумов в виде расплавов, эмульсий или паст.

Смолизация – это упрочнение глинистых грунтов синтетическими полимерами (смолами).

Силикатизация основана на внедрении в грунты технического силиката натрия (жидкого стекла), который при взаимодействии с коагулятором выделяет гель кремневой кислоты. Этот гель выполняет роль искусственного цемента грунтов. Грунты становятся камнеподобными, прочными, стойкими во времени, водонепроницаемыми, а лёссовые образования утрачивают просадочные свойства.

Цементация применяется во многих видах строительства. Наиболее часто используют портландцемент. Цементом скрепляют трещины скальных пород. В нескальные грунты цемент вводится через скважины – иньекторы под давлением. Цементация осуществляется по всей глубине толщи и особенно хороший эффект дает в песках, гравии, галечниках, суглинках, супесях.

ЛЕКЦИЯ №6

Подземные воды. Воды, находящиеся в верхней части земной коры, носят название подземных вод. Науку, изучающую подземные воды (их происхождение, условия залегания, законы движения, физические и химические свойства, их связи с атмосферными и поверхностными водами), называют гидрогеологией. Для строителей подземные воды в одних случаях служат источником водоснабжения, а в других выступают, как фактор, затрудняющий строительство. Особенно сложным является производство земляных и горных работ в условиях притока подземных вод, затопливающих котлованы, карьеры, траншеи. Подземные воды ухудшают механические свойства рыхлых и глинистых пород, могут выступать в роли агрессивной среды по отношению к строительным материалам, вызывают растворение многих горных пород (гипс, известняк и др.). С образованием пустот. Подземные воды образуются преимущественно путем инфильтрации, т.е. просачивание атмосферных, талых вод, и вод поверхностных водоемов и водотоков через зону аэрации. На глубине они встречают водонепроницаемые слои горных пород. Вода задерживается и заполняет пустоты пород, создаются горизонты подземных вод. Количество воды, инфильтрующейся с поверхности, определяется действием многих факторов, характером рельефа, составом и фильтрующей способностью пород, климатом, растительным покровом, деятельностью человека и др.

Воды земной коры постоянно в течение длительного геологического времени пополняются ювенильными водами, которые возникают в глубине земли за счет O_2 и H_2 , выделяемых магмой. В зонах замедленного и весьма замедленного водообмена образуются минерализованные (соленые) воды так называемого седиментационного происхождения.

Водные свойства горных пород. Горные породы по отношению к воде характеризуются следующими показателями: влагоемкостью, водоотдачей и водопроницаемостью.

Влагоемкость – способность породы вмещать и удерживать в себе воду. В том случае, когда все поры заполнены водой, порода будет находиться в состоянии полного насыщения. Влажность, отвечающая этому состоянию, называют полной влагоемкостью $W_{п.в.}$: $W_{п.в.} = n/P_{ск.}$, где n – пористость; $P_{ск.}$ – плотность скелета породы.

Наибольшее значение $W_{п.в.}$ совпадает с величиной пористости породы. По степени влагоемкости породы подразделяют на весьма влагоемкие (торф, суглинки, глины), слабо влагоемкие (мергель, мел, рыхлые песчаники, мелкие пески, лёсс) и невлагоемкие, не удерживающие в себе воду (галечник, гравий, песок).

Водоотдача W_b – способность пород, насыщенных водой, отдавать гравитационную воду в виде своеобразного стока. При этом считают, что физически связанная вода из пор породы не вытекает, поэтому принимают $W_b = W_{п.в.} - W_{м.м.в.}$, где $W_{м.м.в.}$ – максимальная молекулярная влагоемкость. Величина

водоотдачи может быть выражена процентным отношением объема свободно вытекающей из породы воды к объему породы, или количеством воды, вытекающей из 1 м³ породы (удельная водоотдача). Наибольшей водоотдачей обладают крупнообломочные породы, а также пески и супеси, в которых величина W_v колеблется от 25 до 43 %. Эти породы под влиянием гравитации способны отдавать почти всю имеющуюся в их порах воду. В глинах водоотдача близка к нулю.

Водопроницаемость – способность пород пропускать гравитационную воду через поры (рыхлые породы) и трещины (плотные породы). Чем больше размер пор или чем крупнее трещины, тем выше водопроницаемость пород. Не всякая порода, которой присуща пористость, способна пропускать воду, например, глина с пористостью 50-60 % воду практически не пропускает. Водопроницаемость пород (или их фильтрационные свойства) характеризуется коэффициентом фильтрации K_f , представляющим собой скорость движения подземной воды при гидравлическом градиенте, равном 1 (см/с, м/ч или м/сут).

Гидравлический градиент – мера (скорость) изменения разности напоров подземных вод на единицу длины потока (или его участка). Г. г. численно равен частному от деления разности напоров в двух точках, расположенных по направлению течения, на расстояние между этими точками (длина пути фильтрации). По величине K_f породы разделяют на три группы:

1. водопроницаемые – $K_f > 1$ м/сут (галечник, гравий, песок, трещиноватые породы);
 2. полупроницаемые – $K_f = 1-0,001$ м/сут (глинистые пески, лёсс, торф, рыхлые разности песчаников, реже пористые известняки, мергели);
 3. непроницаемые – $K_f < 0,001$ м/сут (массивные породы, глины).
- Непроницаемые породы принято называть водоупорами, а полупроницаемые и водопроницаемые – единым термином – водопроницаемые или водоносными горизонтами.

Свойства и состав подземных вод. При оценке свойств подземных вод исследуют вкус, запах, цвет, прозрачность, t^0 и другие физические свойства, которые характеризуют так называемые органолептические свойства воды (определяемые при помощи органов чувств). Температура подземных вод колеблется в широких пределах. Химически чистая вода бесцветна. Окраску воде придают механические примеси. Прозрачность воды зависит от цвета и наличия мути. Вкус связан с составом растворенных веществ: соленый от NaCl, горький от сульфата Mg и т.д. Запах зависит от наличия газов биохимического происхождения (сероводород и др.) или гниющих органических веществ.

Плотность воды – масса воды, находящаяся в единице ее объема. Максимальная при $t^0 4^0$ С. При повышении температуры до 250^0 С плотность воды уменьшается до $0,799$ г/см³, а при увеличении количества растворенных в ней солей повышается до $1,4$ г/см³.

Сжимаемость подземных вод характеризуется коэффициентом сжимаемости, показывающим, на какую долю первоначального объема жидкости

уменьшается объем при увеличении давления на 10^5 Па. Коэффициент сжимаемости подземных вод составляет $2,5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-5}$ Па, т.е. вода в некоторой степени обладает упругими свойствами.

Вязкость воды характеризует внутреннее сопротивление частиц ее движению. С повышением t^0 вязкость вод уменьшается.

Электропроводность подземных вод зависит от количества растворенных в ней солей и выражается величинами удельных сопротивлений от 0,02 до 1,00 $\Omega \cdot \text{м}$.

Радиоактивность подземных вод вызвана присутствием в ней радиоактивных элементов (U, Sr, Ra, цезия, газообразной эманации радия – радона и др.).

Химический состав подземных вод. Все подземные воды всегда содержат в растворенном состоянии большее или меньшее количество солей, газов, а также органических соединений.

Соли. Наибольшее распространение имеют хлориды, сульфаты и карбонаты. По общему содержанию растворенных солей подземные воды разделяют на пресные (до 1 г/л растворенных солей), солоноватые (от 1 до 10 г/л), соленые (10-50 г/л) и рассолы (более 50 г/л). Количество и состав солей устанавливаются химическим анализом. Полученные результаты выражают в виде состава катионов и анионов (в мг/л или мг – экв/л). Суммарное содержание растворенных в воде минеральных веществ называют общей минерализацией. О ее величине судят по сухому или плотному остатку (в мг/л или г/л), который получается после выпаривания определенного объема воды при t^0 105-110 0 С. Между общей минерализацией подземных вод и их химическим составом существует определенная зависимость.

В природных условиях общая минерализация подземных вод исключительно разнообразна. Встречаются подземные воды с минерализацией от 0,1 г/л (высокогорные источники) до 500-600 г/л (глубокозалегающие воды Ангара-Ленского артезианского бассейна).

Наилучшими питьевыми качествами растворенных солей не должно превышать 1,0 г/л. Не допускается содержание вредных для здоровья человека химических элементов (уран, мышьяк и др.) и болезнетворных бактерий.

Жесткость и агрессивность подземных вод связана с присутствием солей. Жесткость воды – это свойство, обусловленное содержанием ионов Са и Mg, то есть связанная с карбонатами и вычисляется расчетным путем по общему содержанию в воде гидрокарбонатных и карбонатных ионов.

В настоящее время жесткость принято выражать количеством миллиграмм – эквивалентов Са и Mg, 1мг-экв. жесткости соответствует содержанию в 1 л воды 20,04 мг иона Са или 12,6 мг иона Mg. По жесткости воду разделяют на мягкую (менее 3 мг-экв.), средней жесткости (3-6 мг-экв.), жесткую (6-9 мг-экв.) и очень жесткую (более 9 мг-экв.). Наилучшим качеством обладает вода с жесткостью не более 7 мг-экв/л. Жесткость бывает постоянной и временной. **Временная** жесткость связана с присутствием бикарбонатов и может быть устранена кипячением. Постоянная жесткость, обусловленная серно-кислыми и хлористыми

солями, кипячением не устраняется. Сумму временной и постоянной жесткости называют общей жесткостью.

Агрессивность подземных вод выражается в разрушительном воздействии растворенных в воде солей на строительные материалы, в частности на портландцемент. Поэтому при строительстве фундаментов и различных подземных сооружений необходимо уметь оценивать степень агрессивности подземных вод и определять меры борьбы с ней.

В существующих нормах, оценивающих степень агрессивности вод по отношению к бетону, кроме химического состава воды, учитывается коэффициент фильтрации (K_f) пород. Одна и та же вода может быть агрессивной и неагрессивной. Это обусловлено различием в скорости движения воды – чем она выше, тем больше объемов воды войдет в контакт с поверхностью бетона и, следовательно, значительнее будет агрессивность.

Агрессивность подземных вод устанавливают сопоставлением данных химических анализов воды с требованиями нормативов. После этого определяют меры борьбы с ней. Для этого используют специальные цементы, производят гидроизоляцию подземных частей зданий и сооружений, понижают уровень грунтовых вод устройством дренажей и т.д.

Оценка коррозионной активности вод по отношению к некоторым металлам производится по действующему ГОСТу. После этого согласно СН и Па выбирают мероприятия по предотвращению возможной коррозии.

Классификация подземных вод. Подземные воды подразделяют: по характеру их использования и по условиям залегания в земной коре. В число первых входят хозяйственно-питьевые воды, технические, промышленные, минеральные и межпластовые, а также воды трещин, карста, вечной мерзлоты. В инженерно-геологических целях подземные воды целесообразно классифицировать по гидравлическому признаку – **безнапорные и напорные**.

Хозяйственно-питьевые воды – пресные, поэтому использование их для других целей, как правило, не допускается. Источником хозяйственно-питьевого водоснабжения являются подземные воды зоны интенсивного водообмена. Глубина залегания пресных вод от поверхности земли обычно не превышает нескольких десятков метров.

Однако имеются районы, где они залегают на больших глубинах (300-500 метров и более). В последние годы для хозяйственно-питьевого водоснабжения начинают использовать также солоноватые и соленые подземные воды после их искусственного опреснения.

Технические воды – это воды, которые используют в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства.

Промышленные воды содержат в растворе полезные элементы (Br, J и др.) в количестве, имеющим промышленное значение. Обычно они залегают в зоне весьма замедленного водообмена, минерализация их высокая (от 20 до 600 г/л), состав хлоридно-натриевый, t^0 нередко достигает 60-80⁰ С.

Минеральными называют подземные воды, которые имеют повышенное содержание биологически активных микроэлементов, газов, радиоактивных элементов и т.д. Они выходят на поверхность земли источниками или вскрываются буровыми скважинами.

Термальные подземные воды имеют $t^0 > 37^0 \text{ C}$. Они залегают повсеместно на глубинах от нескольких десятков и сотен метров до нескольких км.

ЛЕКЦИЯ №7

Характеристика типов подземных вод. Верхняя часть земной коры в зависимости от степени насыщения водой пор горных пород делится на две зоны: верхнюю – зону аэрации и нижнюю – зону насыщения. Зона аэрации расположена между поверхностью Земли и уровнем грунтовых вод. В этой зоне, непосредственно связанной с атмосферой и почвенным покровом, наблюдается просачивание атмосферных осадков из поверхностных вод вглубь, в сторону зоны насыщения. Поры горных пород в зоне аэрации лишь частично заполнены водой, остальная часть их занята воздухом. Зона аэрации играет важную роль в формировании подземных вод. Мощность, т.е. толщина зоны аэрации колеблется от нуля в заболоченных низинах до нескольких сотен метров в горных районах с сильно расчлененным рельефом. Непосредственно над поверхностью подземных вод располагается зона повышенной влажности – капиллярная пойма.

Зона насыщения горных пород расположена ниже уровня грунтовых вод. В этой зоне все поры, трещины, каверны и другие пустоты заполнены гравитационной водой. Подземные воды в зоне насыщения циркулируют в виде верховодок, грунтовых, артезианских, трещин и вод вечной мерзлоты.

Верховодки – это временные скопления подземных вод в зоне аэрации. Верховодки образуются над случайными водоупорами, которыми могут быть линзы глин и суглинков в песке, прослойки более плотных пород. В целом для верховодок характерно: временный, чаще сезонный характер, небольшая площадь распространения, малая мощность и безнапорность. Верховодки представляют значительную опасность для строительства. Залегая в пределах подземных частей зданий и сооружений (подвалы и котельные и др.), они могут вызвать их подтопление, если заранее не были предусмотрены дренажные или гидроизоляция.

При инженерно-геологических изысканиях проводимых в сухое время года, верховодка не всегда обнаруживается. Поэтому ее появление для строителей может быть неожиданным.

Грунтовые воды. Грунтовыми называют постоянные во времени и значительные по площади распространения горизонты подземных вод, залегающие на 1^{ом} от поверхности водоупоре. Они характеризуются рядом признаков:

1. грунтовые воды имеют свободную поверхность, т.е. сверху они не перекрыты водоупорными слоями. Свободная поверхность грунтовых вод называется зеркалом (в разрезе – уровень). Положение зеркала в какой-то мере отвечает рельефу данной местности. Водоупор, на котором лежит водоносный слой, называют ложем, а расстояние от водоупора до уровня подземных вод – мощностью водоносного слоя. Грунтовые воды в силу наличия свободной поверхности безнапорны;

2. питание грунтовых вод происходит, главным образом, за счет атмосферных осадков, а также поступления воды из поверхностных водоемов и

рек. Грунтовая вода открыта для проникновения в нее поверхностных вод, что приводит к изменению ее состава во времени и нередко к загрязнению различными вредными примесями;

3. грунтовые воды находятся в непрерывном движении и, как правило, образуют потоки, которые направлены в сторону общего уклона водоупора. В отдельных случаях их залегание имеет форму грунтовых бассейнов, т.е. вода находится в неподвижном состоянии. Грунтовые потоки часто выходят на поверхность, образуя родники или создавая локальную по площади заболоченность;

4. количество, качество и глубина залегания грунтовых вод зависят от геологических условий местности и климатических факторов. По степени минерализации воды преимущественно пресные, реже солоноватые и соленые, состав гидрокарбонатно-кальциевый, сульфатный и сульфатно-хлоридный. Грунтовые воды имеют практически повсеместное распространение. В практике строительства чаще всего приходится именно с грунтовыми водами. Они создают большие трудности при производстве строительных работ (заливают котлованы, траншеи и т.д.) и мешают нормально эксплуатировать здания и сооружения.

Межпластовые подземные воды. Эти воды располагаются в водоносных горизонтах между водоупорами. Они бывают ненапорными и напорными (артезианскими).

Межпластовые ненапорные воды встречаются сравнительно редко. Они связаны с горизонтально залегающими водоносными слоями, заполненные водой полностью или частично.

Напорные (артезианские) воды связаны с залеганием водоносных слоев в виде синклиналей или моноклиналей. Они обычно залегают на большой глубине.

Подземные воды в трещиноватых и закарстованных породах. Трещинные воды – это подземные воды, циркулирующие в трещиноватых горных породах. Перемещаются они по системе взаимосвязанных трещин и образуют единую гидравлическую систему.

Карстовые воды циркулируют по трещинам и пустотам карстового происхождения. Карстовые воды отличаются от трещинных вод более интенсивным движением, особенно в верхней зоне массива закарстованных пород, непостоянством химического состава, резким изменением водообильности на сравнительно небольших расстояниях.

Подземные воды вечной мерзлоты. В районах Сибири, Дальнего Востока и Крайнего Севера контактируют или непосредственно содержатся в толще многолетне-мерзлых пород. Подземные воды представлены надмерзлотными, межмерзлотными и подмерзлотными водами.

Надмерзлотные воды. Подстилающим водоупором для них служит многолетняя мерзлая толща, пустоты, трещины, поры которой постоянно заполнены льдом. Надмерзлотные воды образуют безнапорные горизонты типа верховодки и грунтовых вод. По величине минерализации воды пресные и летом

могут использоваться для водоснабжения, однако запасы их незначительны, а санитарно-техническое состояние не всегда удовлетворительно.

Межмерзлотные воды содержатся внутри толщи многолетней мерзлоты, как в твердой (лед), так и в жидкой фазе (зона прерывистых и сквозных таликов). Межмерзлотные воды в жидкой фазе обычно напорны. Распространены они не повсеместно и залегают в пределах таликов преимущественно в долинах рек. Запасы межмерзлотных вод непостоянны и к концу зимы значительно сокращаются.

Подмерзлые воды циркулируют ниже многолетнемерзлотной толщи, поэтому встречаются только в жидкой фазе. Воды напорны. Запасы подмерзлотных вод значительны. Водообильность высокая. В районах с небольшой мощностью многолетнемерзлых пород подмерзлотные воды широко эксплуатируются и имеют важнейшее значение для водоснабжения.

Движение подземных вод. Подземные воды могут передвигаться в горных породах, как путем инфильтрации, так и фильтрации. При инфильтрации передвижение воды происходит при частичном заполнении пор воздухом или водяными парами, что обычно наблюдается в зоне аэрации. При фильтрации движение воды происходит при полном заполнении пор или трещин водой. Масса этой движущейся воды создает фильтрационный поток. Фильтрационные потоки подземных вод различаются по характеру движения и подчиняются двум законам. Если движение грунтового потока в водоносных слоях (галечнике, песке, супеси, суглинке) имеет параллельно-струйчатый или так называемый ламинарный характер, то он подчиняется закону Дарси. Ламинарный характер движения воды наблюдается также в трещиноватых породах, но при скорости движения не более 400 м/сут. При наличии крупных пустот и трещин движение воды в породах носит вихревой или турбулентный характер, но это наблюдается сравнительно редко. Это второй закон.

Ненапорные грунтовые воды имеют водоупор снизу и свободную поверхность сверху. Ненапорные подземные воды в зоне полного насыщения передвигаются при наличии разности гидравлических напоров (уровней) от мест с более высоким к местам с низшим напором (уровнем). Разность напоров $\Delta H = H_1 - H_2$ в сечениях I и II движение воды в направлении сечения II. Скорость движения грунтового потока зависит от разности напора (чем больше ΔH , тем больше скорость) и длины пути фильтрации l .

Отношение разности напора ΔH к длине пути фильтрации l называют гидравлическим уклоном (или гидравлическим градиентом J). $J = \Delta H / l$

Современная теория движения подземных вод основывается на применении закона Дарси.

$Q = k_{\phi} F \Delta H / l = k_{\phi} F \cdot J$ где Q – расход воды или количество фильтрующейся воды в единицу времени, м³/сут; k_{ϕ} – коэффициент фильтрации, м/сут; F –

площадь поперечного сечения потока воды, м^2 ; ΔH – разность напоров, м; l – длина пути фильтрации, м.

Источники. Под источниками (ключами, родниками подразумеваются места естественных выходов воды на дневную поверхность. Интенсивность выхода воды в единицу времени оценивается дебитом источника (л/с или $\text{м}^3/\text{сут}$). Источник, выход вод которого улучшен человеком, называется каптированным.

Режим подземных вод и производственная деятельность человека. Инженерно-строительная деятельность человека изменяет естественные режимообразующие факторы и способствует возникновению новых. Деятельность человека может проявляться в повышении и понижении уровня подземных вод, в изменении их химического состава. Повышение уровня подземных вод возможно при строительстве водохранилищ и других искусственных водоемов, орошении и утечках из подземных водонесущих коммуникаций. Под влиянием искусственных факторов уровни могут подниматься на 10-15 метров.

Понижение уровня подземных вод вызывается длительными откачками воды для водоснабжения, осушением заболоченных земель, строительным водопонижением, дренажем и т.д. Чем интенсивнее работы по отбору воды из недр земли, тем на большую глубину снижаются уровни подземных вод. Весьма специфично влияние искусственных факторов в районах многолетней мерзлоты. Практически любое сооружение, возводимое в этих районах резко изменяет t^0 и влажность мерзлых грунтов и оказывает существенное влияние на режим верхних горизонтов мерзлотных вод.

Изменение положение уровня в районах водозаборов влечет за собой изменение физических свойств, химического и бактериологического состава подземных вод. Нередко эти изменения приводят к значительному ухудшению их качества.

Охрана подземных вод. Производственная и другая деятельность человека оказывает большое влияние на окружающую среду, в том числе на подземные воды. В связи с этим возникло новое направление в гидрогеологии – техногенная гидрология. Важнейшими задачами в этом направлении является охрана подземных вод от истощения и загрязнения. Под истощением запасов подземных вод следует понимать их сработку в процессе водоотбора без восполнения. Причина истощения запасов подземных вод заключается в чрезмерном отборе вод крупными водозаборами в условиях недостаточной обеспеченности питанием эксплуатируемого водоносного горизонта. Истощению подземных вод способствует также неконтролируемый бесхозяйственный самоизлив артезианских вод из скважин, достигающий многих тысяч м^3 в сутки. Для борьбы с истощением пресных подземных вод при их эксплуатации предусматривают разнообразные меры, в том числе: регулирование режима водозабора подземных вод; более рациональное размещение водозаборов по площади; введение кранового режима эксплуатации самоизливающихся скважин.

Под загрязнением подземных вод понимают такие изменения их качества, которые приводят к превышению допустимых концентраций отдельных

компонентов и общей минерализации воды и делают ее непригодной для использования. Основными источниками загрязнения подземных вод являются бассейны бытовых и промышленных стоков, участки складирования отходов, загрязненные воды поверхностных водоемов, неисправленная канализационная сеть, избыточное применение удобрений и ядохимикатов.

К естественным источником загрязнения относят сильно минерализованные подземные или морские воды, которые могут внедряться в продуктивный пресный горизонт при эксплуатации водозаборных сооружений. Грунтовые воды и в особенности верховодка более всего подвержены загрязнению, так как они не защищены сверху толщей водоупорных пород от проникновения загрязняющих веществ. При отсутствии водонепроницаемых покровных пород интенсивно загрязняются трещинные и карстовые воды. Очищающая способность трещиноватых и закарстованных пород значительно хуже, чем пород с высокой сорбционной емкостью (суглинки и др.), поэтому в них загрязненные растворы распространяются на большие расстояния.

Наиболее часто при эксплуатации встречается химическое и бактериальное загрязнение подземных вод. Значительно реже наблюдается радиоактивное, механическое и тепловое загрязнение.

Химическое загрязнение – наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся. Оно может быть органическим (фенолы, нафтеновые кислоты, ядовитые и др.) и неорганическим (соли, кислоты, щелочи), токсичным (мышьяк, соли цинка, ртути, свинца и др.) и нетоксичным. Вредные химические вещества при фильтрации в пласте сорбируются частицами породы, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок и т.д., однако, как правило, полного самоочищения загрязненных вод не происходит. Наибольшего распространения (до 10 км и более) очаг химического загрязнения достигает в сильно проницаемых грунтах и при значительных уклонах подземного потока, т.е. при хорошем оттоке подземных вод.

Бактериальное загрязнение выражается в появлении в подземных водах патогенных бактерий. Этот вид загрязнения носит временный характер. Его интенсивность зависит от величины начального загрязнения, водопроницаемости грунтов и времени выживания бактерий.

Весьма опасно содержание в подземных водах, даже при очень малых концентрациях, радиоактивных веществ, вызывающих радиоактивное загрязнение. Наиболее вредны «долгоживущие» радиоактивные элементы, обладающие повышенной способностью к передвижению в подземных водах (стронций-90, уран, радий-226, цезий и др.). Радиоактивные элементы могут проникать в подземные воды как в результате их взаимодействия с радиоактивными горными породами, так и при выпадении на поверхность земли радиоактивных продуктов и отходов.

Механическое загрязнение характеризуется попаданием в подземные воды механических примесей, содержащихся в сточных водах (песок, шлак и др.),

преимущественно по крупным трещинам и пустотам. Механические примеси могут значительно ухудшать органолептические показатели подземных вод.

Тепловое загрязнение связано с повышением t^0 подземных вод в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими сточными водами, при их закачивании через поглощающие скважины.

Меры борьбы с загрязнением подземных вод. Для предотвращения загрязнения подземных вод разрабатывают инженерные мероприятия, включающие очистку сточных вод, создание безотходных производств, экранирование чаш бассейнов, перехват профильтровавшихся стоков дренажем и др. При выборе мест заложения водозаборов последние должны располагаться выше по потоку подземных вод относительно возможных участков загрязнения. Водозаборы не следует размещать близко к реке или к морю во избежание подтока загрязненных речных или соленых морских вод. Не рекомендуется размещать водозаборы вблизи промышленных предприятий и сельскохозяйственных территорий со значительными утечками сточных вод.

Важнейшими мерами предупреждения загрязнения вод в районе водозаборов является устройство вокруг них зон санитарной охраны.

Зоны санитарной охраны, т.е. территории с особым режимом, исключаяющие возможность загрязнения и ухудшения качества подземных вод, устанавливают вокруг всех водозаборов, эксплуатирующих подземные воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Состоят они из двух поясов.

Мероприятия по предупреждению загрязнения подземных вод должны быть распространены на весь эксплуатируемый водоносный горизонт. Проекты зон санитарной охраны согласовываются с органами санитарного надзора и утверждаются соответствующими организациями при наличии положительного заключения экологической экспертизы.

ЛЕКЦИЯ №8

Геологические процессы на земной поверхности. Инженерная геология изучает все геологические процессы (эрозию, абразию, оползни, карст, обвалы и т.д.), которые могут оказывать то или иное влияние на инженерные сооружения (на выбор конструкции и места расположения сооружения, выбор способов производства работ и т.д.) и в свою очередь, как эти инженерные сооружения повлияют на существующую природную геологическую обстановку.

При изучении геологических процессов особое внимание следует уделять причинам их возникновения, развитию во времени, количественной оценке, выбору мероприятий, устраняющих их вредное влияние на строительство и нормальную работу зданий и сооружений.

Процесс выветривания. Под процессом выветривания понимают разрушение и изменение состава горных пород, происходящие под воздействием различных агентов, действующих на поверхности земли, среди которых основную роль играют колебания температур, замерзание вод, кислот, щелочей, углекислоты, действие ветра, организмов и т.д.

Процесс выветривания воздействует не только на природные тела (минералы, горные породы), а также и на искусственно созданные строительные материалы и сооружения. Главной особенностью процесса выветривания является постепенное и постоянное разрушение верхних слоев литосферы. В результате этого горные породы и материалы дробятся, изменяют свой химико-минеральный состав, вследствие чего ухудшаются их строительные свойства или они полностью разрушаются.

Интенсивность выветривания находится в зависимости от многих причин – «мощи» агентов выветривания, состава пород, геологического строения и т.д.

Область активного современного выветривания достигает глубины 5-10 метров. Проникновению агентов способствует инженерная деятельность человека (проходка шахт, тоннелей и т.д.)

Интенсивность выветривания находится в зависимости от состава пород. Разрушению способствуют разномзернистость и крупнозернистость пород, качество природного цемента, например, песчаник с глинистым цементом разрушается значительно легче и быстрее, чем песчаник с кремнеземистым цементом.

Воды выветривания. Процесс выветривания протекает при одновременном участии многих агентов, но роль их при этом далеко не одинакова. По интенсивности воздействия тех или иных агентов выветривания и характеру изменения горных пород выделяют три вида: физическое, химическое и биологическое (органическое).

Физическое выветривание выражается преимущественно в механическом дроблении пород без существенного изменения их минерального состава. Породы дробятся в результате колебаний t^0 , замерзания воды, механической силы ветра и

ударов песчинок, переносимых ветром, кристаллизации солей в капиллярах, давления, которые возникают в процессе роста корней растений и т.д.

Температурные явления играют большую разрушительную роль. Кроме попеременного нагревания и охлаждения разрушительное действие оказывает неравномерное нагревание пород, что связано с различными тепловыми свойствами, окраской и размером минералов, которые составляют горные породы. Разрушение пород еще более усиливается, если в их микротрещины проникает вода, которая при замерзании увеличивается в объеме на 9-11 % и развивает большое боковое давление. Это явление носит название морозного выветривания. Многие породы разрушаются при переменном намокании и высушивании (мергели). Физическое выветривание воздействует и на искусственные строительные материалы. Особенно интенсивно выветриваются наружные части зданий и сооружений. Физическое выветривание преобладает в местностях с сухим резко континентальным (пустыни) или холодным климатом (горные районы, арктический пояс).

Химическое выветривание выражается в разрушении горных пород путем растворения и изменения их состава. Наиболее активными химическими реагентами в этом процессе являются вода, кислород, уголекислота и органические кислоты. В породах кроме растворения протекают реакции обмена, замещения, окисления, гидратации и дегидратации. Разрушаются первичные минералы, образуются вторичные. Простейшим видом химического выветривания являются растворение в воде. Легко растворяются каменная соль, гипс. Разрушительное действие оказывает процесс гидратации. Примером может служить переход ангидрита в гипс: $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Этот процесс сопровождается резким увеличением объема (до 50-60 %), что вызывает разрушительное давление гипса на окружающие породы. В присутствии воды происходит также окисление. Например, минерал пирит, который часто присутствует в различных породах, превращается в гидрат оксида железа с одновременным образованием серной кислоты, которая, в свою очередь, весьма разрушительно действует на многие минералы.

Интенсивность химического выветривания зависит от площади воздействия воды и растворов, их t^0 , а также степени устойчивости минералов в отношении агентов выветривания. Наиболее устойчивыми являются минералы кварц, мусковит, корунд; менее устойчивы – кальцит, доломит и др. Интенсивности химического выветривания способствует дробление пород в результате механического выветривания. Наибольшее значение химическое выветривание имеет в условиях теплого и влажного климата.

Биологическое (органическое) выветривание проявляется в разрушении горных пород в процессе жизнедеятельности живых организмов и растений. Породы дробятся и в значительной мере подвергаются воздействию органических кислот. Механическое разрушение производят растения своей корневой системой. Многие живые организмы, особенно из числа землероев, активно разрушают горные породы. На выветривание горных пород большое влияние оказывают

многочисленные бактерии. В процессе своей жизнедеятельности они поглощают одни вещества и выделяют другие. Их воздействие особенно сильно сказывается в зоне почв. Отдельные виды бактерий извлекают углерод из карбонатов, разрушают силикаты, создают скопления железных руд и т.д. Действие биологического выветривания повсеместно. Ему принадлежит ведущая роль в образовании почв.

Процессы выветривания влияют на инженерно – геологические свойства горных пород. Выветривание, как геологический процесс, приводит к разрушению и преобразованию первичных пород. С инженерно-геологической точки зрения основная направленность процесса выветривания состоит в изменении физического состояния и физико-механических свойств горных пород, что приводит к снижению устойчивости пород в основании сооружений, естественных и искусственных откосах, подземных выработках и т.д.

Особый интерес представляет поведение глин в зоне выветривания. При выветривании их происходит:

1. раскрытие существующих и образование новых трещин;
2. разрыхление, сопровождающееся возрастанием пористости;
3. появление новых минералов.

Эти процессы резко ухудшают физико-механические свойства глин, у них снижается сопротивление сдвигу и повышается сжимаемость.

Степень выветрелости пород и строительных материалов оценивается **коэффициентом выветрелости** K_w , отношением плотности выветрелой к плотности невыветрелой породы (материала). Если $K_w = 1$ - порода невыветрелая, при $K_w = 1-0,9$ – слабо выветрелая, $0,9-0,8$ – выветрелая и $K_w < 0,8$ – сильно выветрелая (рухляки).

Борьба с процессом выветривания. При выборе основания для зданий и сооружений кору выветривания прорезают фундаментом до невыветрелой породы, либо используют ее, как несущее основание, если элювий имеет достаточную прочность или укреплен после соответствующей обработки способами технической мелиорации. Крутизну откосов выемок назначают с учетом прочности пород коры выветривания.

Процесс выветривания необходимо также учитывать на период эксплуатации зданий и сооружений. Породы и стройматериалы, не защищенные от агентов выветривания, постепенно будут разрушаться, снижая устойчивость и прочность зданий и сооружений.

Для предотвращения выветривания или улучшения свойств уже выветрелых пород применяют различные мероприятия:

1. покрытие горных пород непроницаемыми для агентов выветривания материалами;
2. пропитывание пород различными веществами;
3. нейтрализацию агентов выветривания;
4. планировку территорий и отвод вод.

Выбор мероприятий по борьбе с выветриванием зависит от степени выветрелости пород, характера выветрелости, конструктивных особенностей сооружения и т.д.

Создание защитных покрытий на поверхности горных пород с помощью различных материалов – гудрона, бетона, цементного раствора, глины – зависит от преобладающих факторов выветривания. Например, гудрон. Цемент, геосинтетики и другие искусственные покрытия предохраняют породы от проникновения воды, но не защищают от влияния колебания t^0 . Хорошим изолирующим материалом является глина, которая является хорошим материалом для препятствия колебаний t^0 . Широко применяют гидроизоляцию котлованов, если они должны находиться в открытом состоянии какое-то время. Пропитывать породы можно жидким стеклом, гудроном, цементом. Жидкое стекло используют для укрепления песчаных и песчано-глинистых пород. Гудрон дает лучшие результаты в щебенистых отложениях. Цементом можно хорошо скреплять трещины в скальных породах. Пески можно пропитывать глинистой суспензией, что приводит к снижению водопроницаемости.

Нейтрализацию агентов выветривания из-за практических неудобств и дороговизны применяют сравнительно редко. Таким методом, например, является насыщение фильтрующейся воды солями, которые она может растворять в данной породе. Такая вода уже теряет способность растворять такие соли.

Действие подземных вод можно нейтрализовать дренажами. Поверхностные воды отводят различного рода ливневыми стоками, нагорными отвалами.

Строительные материалы изделия необходимо изолировать от влияния агентов выветривания различными покрытиями – красками, лаками, штукатуркой, жидким стеклом, органическими пленками и т.д. В строительстве следует использовать породы наиболее устойчивые к выветриванию.

ЛЕКЦИЯ №9

Геологическая деятельность ветра. Ветер совершает большую геологическую работу: разрушение земной поверхности (выдувание или дефляция, обтачивание или коррозия), перенос продуктов разрушения и отложения (аккумуляции) этих продуктов в виде склонов различной формы. Все эти процессы носят общее название **эоловых**. Наиболее ярко эоловые процессы проявляются в пределах пустынь, полупустынь, долин рек и морских побережий.

Выдувание (дефляция) возникает в результате воздействия механической силы ветра. Наиболее ярко этот процесс проявляется в районах, сложенных рыхлыми или мягкими породами. От пород отрываются и уносятся частицы. Ветер выдувает котловины, борозды и траншеи в солончаках, суглинках, песках. Котловины выдувания могут иметь значительные размеры, например, длину до 140 км, ширину от 2 до 10 км, глубину 100-150 м. Весьма интенсивно выдуваются почвенные слои в пределах пахотного слоя. Выдувание значительно усиливается после нарушения дернового покрова, вырубки, кустарников и деревьев. Механическая сила ветра существенно влияет на здания и сооружения, которые являются для него препятствием. Создается так называемая **ветровая нагрузка**, что выражается в дополнительном боковом давлении на строительные конструкции. Происходит постоянное колебание высотных зданий и заводских дымовых труб. Движение ветра часто сопровождается переносом пыли, песка и даже гравия. Наибольшую разрушительную работу совершают песчаные частицы. Ударяясь о твердые породы, они перетирают, сверлят и обтачивают их поверхность. Это процесс обтачивания получил название **коррозии**. За счет коррозии в районах пустынь быстро приходят в негодность телеграфные столбы, провода, разрушаются фасады зданий.

Совместные действия дефляции и коррозии разрушают не только мягкие, но и твердые породы, превращая их в обломки различных размеров. Появляются новые формы рельефа. Кроме отрицательных форм, образующихся за счет дефляции, образуются и положительные, так называемые **останцы** в виде столбов, грибообразных форм, качающихся камней и т.д.

Эоловые отложения. Перенос частиц ветром совершается во временном состоянии или путем перекачивания в зависимости от скорости ветра и размера частиц.

Во взвешенном состоянии переносятся глинистые, пылеватые и тонкопесчаные частицы. В зависимости от скорости ветер уносит их на сотни и тысячи километров. Песчаные частицы переносятся в основном перекачиванием по земле, иногда они перемещаются на небольшой высоте.

При меньшей скорости ветра и других благоприятных условиях происходит отложение переносимого материала (аккумуляция). Образуются ветровые (эоловые) отложения. Современные эоловые отложения на картах обозначают его Q_{IV} . В большинстве случаев это накопление песка и пыли. Для строительства большое значение имеют закрепленность песка. По этому признаку песчаные

накопления делят на подвижные (дюны, барханы) и закрепленные (грядовые, бугристые) пески. Подвижные пески не закреплены корневой системой растений и под действием ветра легко перемещаются.

Дюны образуются по берегам рек и морей в результате направления песка ветром возле какого-нибудь препятствия (кустарников, неровностей рельефа, зданий и т.д.). Это холмовидные накопления песка высотой до 20-40 метров и более. Характерной особенностью дюн является движение за счет перекачивания песчинок ветром с одной стороны холма на другую. Скорость движения дюн определяется силой господствующих в данной местности ветров и колеблется от 0,5-1,0 до 20-22 метров в год. Дюны обычно образуют цепь холмов.

Барханы возникают в пустынях, где постоянно дуют сильные ветры преимущественно одного направления, это песчаные холмы серповидной формы. Поперечный профиль барханов ассиметричен, наветренный склон пологий, его угол откоса не превышает 12° , подветренная сторона более крутая – угол откоса – $30-40^{\circ}$. Крутой склон всегда приурочен к вогнутой стороне. Высота барханов в пустынях достигает 60-70 метров при ширине крыльев в десятки и даже сотни метров. В пустыне Сахара барханы имеют высоту до 200 метров. Барханы сложены весьма подвижным песком. Скорость их передвижения зависит от силы ветра, длительности его действия и величины бархана. Наиболее подвижны отдельно стоящие барханы. Они могут перемещаться со скоростью от 5-6 до 50-70 метров в год.

Подвижные пески опасны своим движением. Перемещаясь, они заносят поля, оазисы, каналы, дороги, здания, селения и даже города.

Подвижные пески часто появляются вследствие уничтожения травянистого покрова при выпасе скота. Оживлению перемещения песков способствует движение транспорта и работа землеройных машин. Строительство и эксплуатация зданий и сооружений требует постоянной борьбы с подвижными песками. Для этой цели используют следующие методы:

1. установку на пути движения песков деревянных щитов, подобно тем, которые ставят зимой против снежных заносов; этот метод не всегда эффективен в районах, где ветер часто меняет свое направление; против выдувания песка щиты можно укладывать на землю;

2. посадку растительности, прививающейся на песках (кустарники, травы) и закрепляющей своей корневой системой верхние слои песка;

3. обработку песков различными растворами и веществами – битумом, цементом, жидким стеклом, глинистыми суспензиями и т.д.; эти методы дорогостоящие, к тому же защитные корни оказываются недолговечными и сравнительно легко разрушаются при скорости ветра более 20 м/сек;

4. применение геосинтетических материалов (сеток, пленок, ячеистых каркасов и т.п.);

5. проектирование «безаккумуляционных» форм сооружений, которые облегчают пропуск движущегося песка, не давая ему возможности скапливаться в пределах сооружения (например, на дорогах).

Закрепленные пески распространены достаточно широко, особенно в районах полупустынь. Грядовые пески представляют собой вытянутые формы высотой 10-20 метров; бугристые пески – неподвижные холмы (редко высотой более 10 метров) с пологими склонами. Их движение остановлено растительным покровом. Пылеватые накопления встречаются обычно за пределами пустынь. Такие накопления древнего возраста приняли участие в формировании лёссовых образований, широко распространенных на земной поверхности.

ЛЕКЦИЯ №10

Геологическая деятельность атмосферных осадков. На поверхность материков выпадают атмосферные осадки в виде дождей, снега и льда в количестве до 112 тыс. км³ в год. Наибольшую геологическую работу при этом совершает текучая вода, которая, растекаясь по поверхности в сторону падения рельефа, разрушает горные породы, переносит и откладывает продукты разрушения. Разрушительная работа текучих вод носит название **эрозии**.

После дождя (или таяния снега) вода растекается по поверхности земли в виде микроструек. Образуется сплошной поверхностный поток и разрушительное действие воды осуществляется на всей поверхности земли. Так происходит **плоскостной смыв** (плоскостная эрозия), который ведет к выколаживанию местности. Эти потоки смывают верхний слой почвы. Одним из способов борьбы с почвенной эрозией являются лесополосы, регулирующие поверхностный сток.

Плоскостной поток в соответствии с рельефом местности постепенно разбивается на отдельные струи, создаются крупные потоки (ручьи), осуществляющие **струйчатую эрозию**. Это ведет к образованию промоин, оврагов и т.д.

Образование наносов. Продукты выветривания пород (элювий, плоскостными потоками смываются с возвышенностей на склоны и их подножью.

Со временем на склонах и в пониженных частях рельефа накапливаются отложения наносов: на склонах и у их подошвы – **делювий**, в пониженных, примыкающих к склонам – **пролювий**. Эти наносы почти сплошным покровом закрывают лежащие под ними более древние (коренные) породы. **Делювий** (d Q). По своему составу делювий разнообразен и в противоположность элювию отличается от подстилающих пород. В минералогическом отношении делювий связан с породами, расположенными выше по склону. Делювиальные отложения в большинстве случаев представляют собой несортированный материал. Эти отложения часто служат основанием для зданий и сооружений. Общим для них отрицательным свойством является способность к сползанию вниз по склонам. Интенсивность сползания зависит от крутизны склонов и состава наносов. Наиболее легко поддается сползанию глинистый делювий, особенно при значительном увлажнении.

Пролювий (PQ) представляет собой рыхлые образования неоднородного состава, особенно по вертикали. В толщах пролювия суглинки и супеси могут переслаиваться с более крупнозернистым материалом (песок и др.). Пролювий в виде отложений **конусов выноса** горных рек в больших количествах накапливается у подножья гор, частично содержит делювиальный материал. Значительное количество пролювия образуется за счет временных грязекаменных потоков (селей).

Образование оврагов. При таянии снега или дождя на склонах рельефа отдельные струйки образуют временные ручьи. Возникает струйчатая эрозия, что приводит к образованию вытянутых понижений рельефа – **оврагов**. Наиболее

интенсивно возникают овраги в условиях расчлененного рельефа и сухого климата, при котором атмосферные осадки выпадают редко, но в виде коротких и сильных ливней. Развитию оврагов способствует отсутствие растительного покрова и наличие пород, способных к размыву. Наиболее легко размываются лёссовые породы.

Овраг может вскрыть грунтовую воду. В этом случае возникает постоянный водоток, который усиливает рост оврага. Способствует развитию оврагов устройство неукрепленных канав на склоне. Нарушение дернового покрова и вырубка растительности.

В овраге различают устье, ложе и вершину. Овраг растет вершиной вверх по склону. Одновременно происходит и его углубление и расширение за счет размыва склонов оврага. Предельной отметкой, до которой возможен размыв ложа оврага, является уровень бассейна (озеро, река и т.д.), в который впадает водоток оврага. Этот уровень называют **базисом эрозии**.

В начале своего развития овраг имеет сравнительно небольшую ширину при большой глубине, с обрывистыми бортами и без растительности – это **активный овраг**. При достижении оврагом максимальной глубины рост оврага прекращается, склоны приобретают устойчивый естественный откос, задерновываются. Ширина оврагов уже превышает глубину. Такой овраг не развивается и носит название **балки**.

Дальнейшая жизнь оврага зависит от положения базиса эрозии. Если базис будет понижаться, например, вследствие падения уровня реки, то овраг получит возможность к дальнейшему развитию, что следует учитывать при оценке оврагов.

Размеры оврагов и балок самые различные. Длина колеблется от десятков метров до многих километров. Глубина от 1-2 до 30-40 метров. Скорость роста оврагов зависит от активности водотоков и характера размываемых пород и колеблется от 0,5-1,0 до 40,0 метров в год. Овраги имеют большое распространение, особенно в районах лёссовых отложений.

Предотвратить появление оврагов можно проведением ряда мероприятий. Следует запрещать распахивать склоны и устраивать необлицованные каналы, ориентированные вниз по склону, вырубать на склонах растительность и нарушать дерновый покров.

Мелиоративные мероприятия на землях, подверженных овражной эрозии, включают:

1. планировку приовражных и прибалочных склонов с мелкобугристыми оползнями и другими неровностями, засыпку мелких оврагов глубиной 1,5-2,0 метров и их залужение;
2. устройство распылителей стока и противоэрозионных гидротехнических сооружений (водозадерживающих и водоотводящих валов, нагорных канав, дамб-перемычек, донных запруд и др.) на вышележащем перед оврагом склоне;
3. выполаживание оврагов с устройством гидротехнических сооружений, предотвращающих новые размывы (лотков, быстротоков, перепадов);

4. подсыпку откосов на склонах оврагов с целью повышения их устойчивости и подготовку к залесению (прилегающих участков и залужению);

5. создание противоовражных (прибалочных) лесных полос и насаждений на отсыпанных откосах оврагов;

6. выращивание береговых и донных насаждений на гидрографической сети (ложбинах, лощинах, балках), залужение пологих берегов и донных участков балок;

7. строительство на базе оврагов и балок водоемов, дорожной сети, организацию рекреационных зон.

Противоэрозионную мелиорацию и планировку оврагов выполняют весной, затем уполаживают склоны оврагов у балок, сооружают водозадерживающие и водораспределяющие валы, пускоукрепляющие устройства. До ливневых дождей проводят лугомелиоративные мероприятия, а осенью – лесопосадки.

Селевые потоки. Сель (или силь) – по арабски означает горный, быстро несущийся поток.

Это явление природы часто имеет катастрофический характер. Сели вызываются дождевыми ливнями или быстрым таянием снегов и ледников в горах. Огромная масса воды устремляется вниз по ущельям, смывая и захватывая по дороге элювий и делювий. В результате водный поток превращается в грязекаменный. Большое разрушительное действие селевых потоков обусловлено большими скоростями движения и наличием в них обломков горных пород. Средняя скорость движения селевых потоков колеблется от 2 до 4 и даже 6-8 м/сек. Полезные площади оказываются погребенными под толщей грязи, песка и камней. Селевые потоки подразделяют на **связные и несвязные**. К связным относят грязекаменные потоки, в которых вода практически не отделяется от твердой части. Они обладают огромной разрушительной силой. Несвязные сели иначе называют **водокаменными**.

Вода переносит обломочный материал и по мере уменьшения скорости откладывает в русле или в области конуса выноса.

В селевом бассейне выделяют следующие зоны:

1. площадь водосбора (область питания);
2. возможный путь движения (канал стока);
3. область, где происходит отложение каменного материала с образованием конуса выноса.

Образование селей чаще всего связано с вырубкой горных лесов.

Каждое селеопасное направление изучается. Определяют количественные показатели селевых потоков – скорость движения, плотность массы и ударную силу. Плотность показывает насыщенность селя данного участка твердым материалом, а ударная сила дает представление о количестве воды твердого материала, проходящих каждую секунду через данное сечение русла.

Борьбу с селями проводят по нескольким направлениям:

1. организационно-хозяйственные мероприятия: прогнозирование селей; оповещение населения об опасности; недопущение в пределах селеопасных русел строительства дорог, зданий, водозаборов;

2. агротехнические и лесомелиоративные мероприятия: правильное использование горных склонов; сохранение дернового слоя на пастбищах; устранение пересыхания верхнего слоя почвы; недопущение поверхностей эрозии почв при осадках; регулирование пастбищного хозяйства; лесопосадки на склонах;

3. строительство специальных гидротехнических сооружений и террасирование склонов.

Снежные лавины – обрушение больших масс снега с крутых склонов гор. Лавины образуются при достаточном снегонакоплении на безлесных склонах крутизной 15° и более; при уклонах более 50° снег ссыпается и лавины не образуются. Считается, что ровный травянистый склон протяженностью 100-500 метров и уклоне 30° - 40° (а иногда и 20°) оптимальным для формирования лавин.

Лавины бывают **сухие и мокрые**. Если на снежную поверхность, покрытую образовавшейся после оттепели корой льда, ложится новая масса рыхлого снега, которая в силу определенных причин соскальзывает вниз, это дает сухую лавину. Обрушение сопровождается огромным облаком снега. Мокрые лавины возникают в период оттепели. Вода проникает под снег и вызывает обрушение.

Скорость движения сухих лавин достигает от 100 до 400 км/час; движение мокрых лавин – 20-50 км/час. Сила удара лавин может достигать 60 т/м^2 . Скорость удара лавин может достигать 60 т/м^2 .

Лавины перед собой образуют воздушную волну, которая обладает большой разрушительной силой. При инженерно-геологических изысканиях определяют лавиноопасные районы и направления. Область действия воздушной волны определяют расчетом.

Способы защиты от лавин зависят от особенностей местности и характера движения лавин.

Чтобы снег не соскальзывал, склоны террасируют, производят посадку леса, составят подпорные стенки, периодически его обрушивают взрывпатронами или обстрелом из орудий. Дороги на склонах перекрывают каменными или железобетонными галереями; для отвода лавин строят отбойные и направляющие стенки, устраивают дамбы.

ЛЕКЦИЯ №11

Геологическая деятельность реки. Подземные воды и временные ручьи атмосферных осадков, стекая по оврагам и балкам, собираются в постоянные водотоки – реки. Площадь, с которой к реке стекает вода, называют **бассейном реки**. Полноводные реки совершают большую геологическую работу – разрушение горных пород (эрозии), перенос и отложение (аккумуляция) продуктов разрушения.

Перенос продуктов эрозии осуществляется различными способами: в растворенном виде, во взвешенном состоянии, перекачиванием обломков по дну, сальтацией (подпрыгиванием). В растворенном состоянии река переносит до 25-30% всего материала. Во взвешенном состоянии передвигаются пылевато-глинистые и тонкопесчаные частицы. **Размер обломков**, которые может переносить водный поток, пропорционален шестой степени скорости его течения, которая, в свою очередь, пропорциональна продольному уклону русла. Поэтому быстрые горные реки способны перемещать валуны диаметром в несколько метров.

При определенных условиях река откладывает обломочный материал. Речные отложения называют аллювиальными (а Q).

В процессе размывающей и аккумулятивной деятельности реки в коренных породах вырабатывают вытянутые, корытообразные углубления, которые носят названия **речных долин**.

Река за счет эрозии углубляет свою долину, вырабатывает определенный продольный профиль, стремясь достигнуть максимальной глубины. Положение профиля, как и всей эрозионной деятельности реки, зависит от базиса эрозии, под которым понимают уровень моря или каких-либо других бассейнов, куда впадает река (или прекращает свое движение).

По мере углубления долины река проходит ряд стадий. На первой стадии дно реки имеет значительный уклон, поток обладает большой скоростью, интенсивно действует **донная эрозия**. Для этой стадии развития типичны **горные реки**, т.е. **молодые реки**. По мере приближения русла к максимальной глубине река переходит в последнюю стадию развития. Река имеет небольшой уклон, скорость потока снижается. Постепенно река вырабатывает равновесный профиль. Глубинная эрозия сменяется боковой. Река размывает свои берега, русло долины блуждает (или меандрирует). Долины широкие, пологие. Обломочный материал оседает в русле. Река мелеет, появляются отмели, перекаты, косы. Такие реки находятся в стадии старости и типичны территориям равнин.

Последовательность стадийного развития рек нарушается движением земной коры (неотектоникой), которые меняют высотное положение базиса эрозии или верховьев рек. Опускание базиса эрозии или поднятие верховья приводит к возобновлению данной эрозии. Долина снова углубляется и река повторяет стадии своего развития. Поднятие базиса эрозии или опускание

верховья снижает скорости течения и в долинах усиливается аккумуляция наносов. Река быстро стареет.

Большое влияние на развитие рек оказывает производственная деятельность человека. Усиление аккумуляции на каком-либо участке реки может быть вызвано интенсивным забором воды в целях водоснабжения и орошения сельхозугодий или увеличением поступления твердого стока за счет сброса в реку отвальных пород горно-рудной промышленности. Сброс в реки большого количества вод с орошаемых территорий может привести к усилению эрозионной деятельности. Строительство водохранилищ, в свою очередь, влияет на положение базиса эрозии всей реки или ее части. Выше плотин уменьшаются скорости течения, растет аккумуляция наносов: ниже плотин осветленная вода резко повышает донную эрозию.

При инженерно - геологической оценке территорий геологическую деятельность рек следует изучать в связи с природными причинами и с хозяйственной деятельностью человека. Особое внимание следует уделять размыву русел рек, аккумуляции наносов и подмыву берегов.

Строение речных долин. Долины рек разнообразны по формам, размерам, строению. в поперечных разрезах долины бывают **симметричные и асимметричные**. Последние являются следствием вращения Земли и свойственны рекам (или участкам рек) на равнинах с меридиональным направлением течения.

Долина имеет следующие элементы: дно долины, русло, пойму и террасы. **Дно** – низшая часть долины, заключенная между подошвами склонов. **Русло** – часть долины, занятая водным потоком. Поперечный разрез потока называют живым сечением. **Пойма** – часть речной долины, заливаемая водой в период паводка. Поймы бывают **низкие**, заливаемые ежегодно, и **высокие**, которые заливаются один раз в 10-15 лет. **Старицы** – изолированные старые русла рек, в которых вода не движется, а стоит как в озерах. Иногда при характеристике речных долин применяют понятие **талweg** – условная линия, соединяющая самые глубокие точки дна долины. В большинстве случаев дно долины представляет собой сравнительно ровную поверхность.

Необходимо различать следующие уровни воды в реке:

1. расчетный горизонт высоких вод, отвечающий средним из наибольших уровней реки, наблюдавшихся в течении многих лет;
2. наивысший горизонт высоких вод, выше этого уровня по многолетним наблюдениям вода не поднималась;
4. меженный горизонт – низкий уровень воды.

На береговом участке поймы, вдоль русла, часто образуется прирусловый вал, сложенный песком. Поверхность центральной части поймы содержит протоки, озера, старые прирусловые валы.

Террасы – уступы на склонах долин рек. Террасы бывают поперечные и продольные. **Поперечные** располагаются поперек долины рек и порождают водопады. Их появление связано с пересечением рекой пород различной

прочности. Мягкие породы размываются быстро, между ними и твердыми породами образуется уступ высотой от нескольких до десятков метров.

Продольные террасы располагаются вдоль склонов долин в виде горизонтальных или почти горизонтальных площадок. Их называют **надпойменными**. При паводках они не заливаются водой. Каждая надпойменная терраса в свое время была поймой. Дальнейшее углубление дна долины поднимает надпойменные террасы все выше и выше. Отсчет надпойменным террасам ведут снизу вверх. Общее количество их различно: в долинах равнинных рек до 3-4, горных рек – больше.

Каждая терраса измеряется высотой и шириной. Высота колеблется от метров до десятков метров, ширина – от десятков метров до десятков километров. Продольные террасы по слагающему их материалу подразделяют на эрозионные, цокольные и аккумулятивные (аллювиальные).

Эрозионные террасы вымываются рекой в коренных породах долины и возникают на первых стадиях развития реки (чаще горной) или в ее верхнем течении. Эрозионные террасы, перекрытые маломощным аллювием, называют **цокольными**. **Аккумулятивные** террасы полностью сложены из аллювиального материала и наиболее типичны долинам равнинных рек.

Геологическое строение речных долин имеет важное значение при инженерно-геологической их оценке в строительных целях. Наиболее благоприятными в этом отношении являются террасы эрозионные. Значительно сложнее решаются вопросы строительства на аккумулятивных наносах.

Борьба с эрозией рек. Для зданий и сооружений, расположенных в речных долинах, подмыв берегов, в том числе и древних террас, и углубление дна реки представляет значительную опасность. Это приводит к обрушению строительных площадок, появлению обвалов, оползней и т.п. Скорость размыва берегов, сложенных рыхлыми породами, может быть значительной. Так, р. Обь, выше г. Колпашева в отдельных случаях размывала лёссовый берег со скоростью до 10 метров в год.

С боковой эрозией борются укреплением берегов с регулированием течения реки. В зависимости от геологического строения берега, характера и места размыва укрепления проводят устройством набережных, подпорными стенками, свободной наброской бутового камня, укладкой железобетонных плит и т.д.

Хорошо защищают берег струенаправляющие стенки, дамбы, регулирующие направление течения реки. Способы укрепления подводной и надводной частей берега различны. Подводную часть берега ниже меженного горизонта следует укреплять каменной наброской и фашинными тюфяками, загруженными камнем; надводная часть крепится бетонными армированными плитами, подпорными стенками, камнем в плетневых клетках. В отдельных случаях интенсивная боковая эрозия заставляет переносить сооружения подальше от берега.

Данная эрозия наиболее опасна для опор мостов, поэтому они должны иметь достаточное заглубление. Следует учитывать движение льда, т.к. заторы могут вызвать резкий подъем уровня реки и затопление прибрежных районов. Заторы следует разрушать, а в местах их образования, заранее приводить обваловывание берегов.

Неблагоприятно сказываются паводки на пойму реки. Сооружения и берега долины необходимо защищать земными дамбами, отсыпкой камня, позволяющими нейтрализовать эрозионную силу паводковых вод. Для строительства более благоприятны неподмываемые и незаносимые участки долины.

ЛЕКЦИЯ №12

Геологическая деятельность моря. Море – одна из главных геологических сил, преобразующих облик Земли. Площадь морей и океанов в 2,4 раза больше площади суши. В морских бассейнах происходит разрушение, перемещение продуктов разрушения, отложения осадков и формирования из них различных осадочных пород.

Эти процессы наиболее интенсивно проходят в мелководной зоне (0-200 м) – зоне шельфа, которая окаймляет сушу полосой различной ширины и представляет собой подводное продолжение континентов. Площадь шельфа составляет 7,6 % площади морей и океанов.

На глубине от 200 до 2000 м располагается материковый склон, от 2000 до 6000 м – океаническое ложе и более 6000 м – глубоководные впадины. На глубине > 200 м волнения, происходящие на поверхности воды, не сказываются на донных отложениях. Дневной свет сюда не проникает. Эта глубина является пределом распространения данных растительных организмов. В прибрежной зоне морские осадки (обломочные горные породы) формируются как за счет продуктов разрушения берегов, так и за счет привноса материала ветром и особенно реками. В морях обитают различные организмы, имеющие твердые скелеты (раковины, панцири), состоящие из CaCO_3 и $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, что дает органические осадки, переходящие в органические горные породы. Морская вода богата солями, поэтому среди морских отложений большое место занимают отложения химического происхождения.

В следствии вертикальных колебаний земной коры моря перемещаются. В геологии эти явления получили наименование трансгрессии (наступление) и регрессии отступление моря. Это обстоятельство имеет существенное значение для строительства. Инженерно-геологические исследования на морских берегах выполняют либо в целях освоения морских прибрежных территорий, либо для строительства зданий и сооружений на берегах. Основное внимание уделяют определению особенностей данного моря (трансгрессии, регрессии), изучению устойчивости берегов и возможности ее нарушения под влиянием деятельности моря, различных процессов (оползни, обвалы и т.д.).

Абразионная работа моря. Геологическая деятельность моря в виде разрушения горных пород, берегов и дна называют абразией. Процессы абразии находятся в прямой зависимости от особенностей движения воды, интенсивности и направления дующих ветров, течений.

Основную разрушительную работу совершают морской прибой и в меньшей мере различные течения (прибрежные, донные, приливы и отливы).

Морской прибой. Волны действуют на берег постоянно. Под силой удара берега разрушаются, образуются обломки пород, которые также разрушают берега. Сила удара морской волны значительна. Во время больших бурь волны способны перекачивать глыбы пород массой в 30-40 тонн на расстояние до 10-20 метров. При ударе по отвесным берегам волны иногда поднимаются на высоты до

20 метров. Морские берега в результате подмыва разрушаются от волн с различной скоростью – от сантиметров до нескольких метров в год. Так в районе Сочи – 4 м/год; глинистые берега Азовского моря – до 12 м/год. На скорость подмыва влияет ряд факторов. Наиболее медленно разрушаются берега, сложенные скальными породами типа гранита, гнейса и др. Быстрее всего разрушаются берега, сложенные рыхлыми осадочными породами (суглинков и др.). Существенное значение имеет характер напластования. Так, наиболее быстро разрушаются берега, сложенные породами с пологим углом падения от моря, и менее быстро – с пологим углом падения в сторону моря. Достаточно устойчивы берега с горизонтальным залеганием слоев.

Разрушительная работа волн особенно значительна у крутых, обрывистых берегов, где глубина моря сравнительно большая. Пологие берега гасят ударную силу волны и абразия проявляется в меньшей степени. В результате абразии на берегах образуются волноприбойные террасы. В одних случаях эти террасы могут быть сложены коренными породами, в других – морскими отложениями (аккумулятивные). Из-за колебаний уровня моря морские террасы могут располагаться выше пляжа или находиться под водой. Террасы выше пляжа показывают поднятия берега и отступление береговой линии в сторону моря. Такие террасы называют морскими. Подводные террасы свидетельствуют о наступлении моря и опускании берега ниже уровня воды. Пляжем называют часть берега, которая перекрывается максимальной волной или приливом. При наличии пляжа шириной более 20 м энергия волн гасится в его пределах. Разрушение коренного берега выше пляжа не происходит.

Кроме механического разрушения морская вода оказывает химическое воздействие. Она растворяет породы и строительные материалы. Значительное разрушительное воздействие оказывают многие морские организмы и растения.

Разрушительную работу также производят морские течения, которые в России наиболее значительны в морях Тихоокеанского бассейна. Для строительства наиболее важны береговые течения, определяющие накопления пляжей.

Морские приливно-отливные и постоянные течения имеют незначительные скорости – от сантиметра и до десятков сантиметров в секунду. Лишь скорость постоянного течения Гольфстрим достигает 2,5 м/сек. Разрушительная работа течений в сравнении с волнами невелика. Наибольшее значение течения имеют в переносе продуктов разрушения. Во взвешенном состоянии или транспортируются растворенные вещества и песчано-глинистые частицы. Более крупные частицы и обломки пород особенно при приливно-отливных течениях переносятся в основном волочением по дну. Волны перемещают обломочный материал волочением по дну и пляжу, но транспортирующее действие оказывают лишь те волны, которые направлены к берегу под некоторым углом. В этом случае обломки передвигаются вдоль берега. Скорость их движения зависит от интенсивности волн и может быть значительной. В районе Сочи зафиксированы случаи перемещение обломков со скоростью 700 м/сут, а галечника – до 100 м/сут.

Перенос обломков вдоль берегов может отразиться на размере пляжа в сторону увеличения или уменьшения. В данном случае большую роль играют горные реки, которые являются крупными «поставщиками» обломочного материала.

При проектировании зданий и сооружений на берегах морей необходимо учитывать абразию, обрушение берегов и возможное истощение пляжей. Для укрепления берегов от абразии используют ряд материалов. По принципу работы берегоукрепительные сооружения делятся на пассивные и активные. К пассивным сооружениям относят волноотбойные стенки вертикального типа, расположенные вдоль берега и принимающие на себя удары волн. Волноотбойные стены выполняют из монолитного железобетона, а лицевую грань во избежание истирания бетона песчано-гравийным материалом облицовывают штучным камнем из скальных пород.

Большое значение для укрепления берега имеет пляж. Пляжи необходимо сохранять и увеличивать или создавать их. Этому служит группа сооружений активного типа – буны и волноломы.

Буны задерживают наносы, перемещаемые волнами вдоль берега. Они представляют поперечные железобетонные стены, устанавливаемые нормально или под углом к линии берега. Волны, встречая на своем пути преграду, теряют скорость и переносимые или наносы откладываются между бун.

Волноломы создают параллельно береговой линии на расстоянии 30-40 метров от берега и на глубине 3-4 метров. Расстояние зависит от состава пород берега и наличие волноотбойной стенки. Верх волнолома устанавливают на глубине 0,3-0,5 м от низкого уровня моря. Пологая грань волнолома должна быть обращена в сторону моря. Они могут быть из монолитного бетона или железобетонных коробов, заложённых бетоном. В последнее время для защиты берегов часто применяют железобетонные тетраподы, представляющие собой фигуру с четырьмя ответвлениями в форме усечённых конусов, симметрично размещённых в пространстве. Благодаря такой форме, тетраподы заклиниваются в грунтах или наброске и хорошо держатся в крутых откосах.

Строительная оценка пород морского происхождения определяется условиями их образования. Так, глубоководные отложения в отличие от мелководных имеют более выдержанный литологический состав, значительную мощность, однородность, однотипные свойства.

Отложение шельфа довольно однообразны понапластыванию, но быстро меняются по вертикали. Породы, рождённые у берегов зоны, переменчивы во всех отношениях.

Древние морские отложения являются хорошим основанием под сооружения. Однако, в этих породах могут присутствовать вредные примеси типа пирита и водорастворимых солей. Глубоководные глины часто находятся в переуплотнённом состоянии: в крутых откосах в них возникают оползни. Надёжными основаниями служат пески, галечники и другие породы обломочного происхождения. К слабым грунтам относятся мощные толщи современных прибрежных илов.

ЛЕКЦИЯ №13

Геологическая деятельность ледников. Геологические данные говорят о том, что на поверхности Земли на протяжении последних 500-600 тыс. лет произошло несколько оледенений. Между ними наступало потепление – межледниковые эпохи. В настоящее время льды занимают 10 % поверхности суши, 98,5 % ледниковой поверхности приходится на полярные области и лишь 1,5 % высокие горы. Различают три типа ледников: горные, плоскогорий и материковые.

Горные ледники образуются высоко в горах и располагаются либо на вершинах, либо в ущельях, впадинах, углублениях. Такие ледники имеются на Кавказе, Урале и т.д. Лед образуется за счет перекристаллизации снега и обладает способностью к пластическому течению, образуя потоки в форме языков. Движение ледников вниз по склонам ограничивается высотой, где солнечного тепла оказывается достаточно для полного таяния льда. Скорость движения горных ледников различна. На Кавказе она составляет 0,03-0,35 м/сут, на Памире – 1-4 м/сут.

Ледники плоскогорий образуются в горах с плоскими вершинами. Лед залегает нераздельной сплошной массой. От него по ущелью спускаются ледники в виде языков. Такого типа ледники, в частности, располагаются сейчас на Скандинавском полуострове.

Материковые ледники распространены в Гренландии, Шпицбергене, Антарктиде и других местах, где сейчас протекает современная эпоха оледенений. Льды залегают сплошным покровом, мощностью в тысячи метров. В Антарктиде слой достигает 4200 м, в Гренландии – более 2400 м. Скорость движения льда в сторону океана в Гренландии составляет 4-38 м/сут. На побережье льды раскалываются. Огромные глыбы льда (айсберги) ветром и течением уносятся в открытый океан, где они со временем тают. Геологическая деятельность льда велика и обусловлена, главным образом, его движением, несмотря на то, что скорость течения льда, примерно, в 10000 раз медленнее, чем воды в реках при тех же условиях.

Разрушительная работа ледников. При своем движении лед и стирает и вспахивает поверхность земли, создавая котловины, рывины. Эта работа совершается под действием тяжести льда. Только при толщине льда 100 метров каждый м² ложа ледника испытывает давление 920 МПа. При этом большей мощности льда давление резко возрастает. В лед вмораживаются обломки пород. При движении ледника эти обломки в свою очередь оказывают разрушающее действие на поверхность Земли. В результате обработки льдом поверхности пород образуются своеобразные округленные формы скал, получивших название «бараньих лбов», «курчавых скал», «штрихованных валунов» и т.д. Двигаясь по ущельям, ледники захватывают продукты разрушения путем вмораживания их в лед. Наличие трещин благоприятствует проникновению обломков внутрь и в нижнюю часть ледников. Так обломочный материал передвигается вместе с

ледником. При таянии льда этот обломочный материал отлагается. Образуются значительные по мощности ледниковые отложения.

Обломочный материал, который находится в движении или уже отложился называется «морена». Средидвигающегося моренного материала различают морены поверхностные (боковые и срединные), внутренние и донные. Отложившийся материал получил название береговых и конечных морен.

Береговые морены представляют собой валы обломочного материала, расположенные вдоль склонов ледниковых долин. Конечные морены образуются на месте окончания ледников, где произошло их полное таяние.

Ледниковые отложения иногда образуют друмлины – холмы эллипсоидальной формы в несколько десятков метров высоты, состоящие из отложений данной морены. В их состав входят, главным образом, моренные глины с валунами.

Моренные отложения представляют собой грубый неоднородный, неотсортированный, неслоистый обломочный материал. Чаще всего это валунные опесчаненные красно-бурые суглинки и глины или серые разнотернистые глинистые пески с валунами. Морены залегают покровами и характеризуются мощностью в десятки метров. Конечные моренные гряды имеют высоту до 30-40 метров. Среди их обломков можно видеть представителей всех пород, по которым прошел ледник. Данные морены состоят из неслоистых и неоднородных по составу валунных глин и суглинков.

При таянии ледника образуются постоянные потоки талых вод, которые размывают донную и конечную морены. Вода подхватывает материал размываемых морен, выносит за пределы ледника и откладывает в определенной последовательности. Вблизи границ ледника остаются крупные обломки, дальше осаждаются пески и еще дальше – глинистый материал. Такие водно-ледниковые отложения получили название флювиогляциальных.

При наступлении или отступлении ледника последовательно смещаются зоны накопления материала по его крупности. Так если на глины накладываются пески и более крупные обломки, то значит ледник наступал, продвигался вперед, область оледенения расширялась. Наложение на крупные обломки и пески глинистых осадков свидетельствует о периоде отступления ледника.

Флювиогляциальные отложения отличаются сравнительной отсортированностью и слоистостью. Они обычно представлены толщами песка, гравия, галечника, а также глинами и покровными суглинками, которые имеют широкое распространение как в пределах ледниковых отложений, так и далеко за границами оледенения. Мощность покровных суглинков достигает многих метров.

Флювиогляциальные отложения создают характерные формы рельефа: озы, Камы и зандровые поля. Озы – накопление обломочного материала (песка, гравия) в виде высоких, узких валов. Их длина от сотни метров, до десятков километров, высота – 5-10 метров.

Камы – беспорядочно разбросанные холмы, состоящие из слоистых отсортированных песков, супесей с примесью гравия и прослоев глины. Широкие

пологоволнистые равнины, расположенные за краем конечных морен, называют зандровыми полями. В их состав входят слоистые пески, гравий, галька.

В озерах, располагающихся перед ледниками, накапливаются мелкозернистые осадки и так называемые ленточные глины, состоящие из чередования темных глинистых прослоек, и более светлых прослоек из опесчаненных глин. Ледниковые образования четвертичного периода обозначаются общим индексом qG, а флювиогляциальные отложения fgQ.

Строительные свойства ледниковых отложений. Моренные и флювиогляциальные отложения являются надежным основанием для сооружений различного типа. Валунные суглинки и глины, испытавшие на себе давление мощных толщ льда находятся в плотном состоянии и в ряде случаев даже переуплотнены. Пористость валунных суглинков не превышает 25-30 %. На валунных суглинках и глинах здания и сооружения испытывают малую осадку. Эти грунты слабоводопроницаемы и часто служат водоупором для подземных вод. Такими высокими прочностными свойствами обладают практически все разновидности морен. Валунники с песком и валунные пески с гравием и галькой водопроницаемы и водоносны. Это отрицательно влияет на строительные объекты, но зато подземную воду можно успешно использовать для питьевых и технических целей.

Флювиогляциальные отложения со строительной точки зрения, хотя и уступают моренным глинистым грунтам по прочности, но являются надежным основанием. Для этого успешно используют различные песчано-гравелистые и глинистые отложения озов и зандров. Некоторое исключение составляют покровные суглинки и ленточные глины. Покровные суглинки легко размокают. Ленточные глины достаточно плотны, слабо водопроницаемы, но могут в условиях насыщения водой быть текучими. Отрицательным качеством всех глинистых ледниковых отложений является наличие случайных вкраплений отдельных валунов. Это может привести к неравномерной осадке и деформации зданий. Ледниковые отложения успешно используют, как строительный материал (камень, пески, глины); пески озов, камов и зандров пригодны для возведения насыпей и для изготовления бетона. Валуны – хороший строительный камень. Имеются примеры использования валунов для изготовления монолитных пьедесталов памятников (например, памятник Петру I в Санкт-Петербурге).

- 1-донная;
- 2-внутренняя;
- 3-поверхностная;
- 4-срединная;
- 5-боковая

Морены горного ледника (поперечный разрез)

ЛЕКЦИЯ №14

Геологическая деятельность в озерах, водохранилищах, болотах. Озера – замкнутые углубления на поверхности земли, заполненные водой и не имеющие непосредственной связи с морем. Озера занимают 2 % поверхности суши. Берега многих озер, особенно крупных, довольно плотно заселены и широко используются для промышленного и гражданского строительства.

Озера имеют различное происхождение:

1. тектонические – во впадинах тектонического происхождения (Байкал, Ладожское, Онежское);
2. эрозионные – в котловинах размыва;
3. карстовые – в заполненных водой карстовых воронках;
4. плотные или запрудные, образовавшиеся запруживанием рек в результате обвалов.

Озера подобно морям совершают геологическую работу разрушительного и созидательного характера, только в неизмеримо меньших масштабах.

Разрушительная работа озер проявляется в абразивной деятельности волн, нагоняемых ветром. Так создаются озерные абразионные террасы, выработанные в коренных берегах, и аккумулятивные, сложенные озерными осадками. Озерные террасы формируются в тесной зависимости от изменения положения уровня озера, каждое поднятие или опускание уровня воды в озерах вызывает абразионные процессы. Большое влияние на положение уровня оказывают тектонические движения земной коры, а в последнее время и производственная деятельность человека. Так, постройка Иркутской ГЭС обусловила поднятие уровня в оз. Байкал на 1 метр. Это вызвало переработку берегов в среднем на 10 метров, а в отдельных местах до 80 метров. Размыв берега стал угрожать устойчивости Восточно-Сибирской железной дороги, проходящей по берегу озера.

Борьба с разрушительной работой озер проводится теми же методами, как и с морской абразией, но все сооружения имеют меньшие размеры и объемы. Созидательная работа озер заключается в образовании отложений. Озерные осадки представлены большим комплексом различных накоплений обломочного, химического и органогенного происхождения.

Вдоль побережья, где формируются пляжи, навешаются дюны. Озера откладывают в основном грубые обломки и различной крупности пески. Такой же материал, но уже в виде валов, накапливается при впадении в озера рек.

Донная часть озер заполняется глинистыми осадками, песками, илами. На дне соленых озер самостоятельно или вместе с механическими осадками отлагаются соли (хлориды, сульфаты и др.). В озерах формируются специфические образования, свойственные только озерам, такие как сапропель, торф, особые озерные мергели, иногда озерный мел, трепел.

Важнейшей особенностью некоторых мелководных озер является способность в определенных геологических и физико-географических условиях переходить в стадию болот.

Водохранилища. В настоящее время человек широко использует энергию рек для электрификации. В результате создаются искусственные водохранилища по размерам не уступающие самым крупным озерам. В этих водохранилищах так же, как в морях и озерах, наблюдается абразионная работа вод, но здесь она происходит значительно более интенсивно. Это объясняется тем, что речные долины, в которых создают водохранилища, образовались в континентальных условиях под действием эрозии рек и их профиль не соответствует новым условиям, которые возникают при заполнении почти всей долины водой. Водохранилища стремятся выработать новый профиль берегов, и размыв береговой линии происходит особенно интенсивно. Разрушение и переработка берегов начинается, непосредственно вслед за заполнением водохранилища.

Интенсивная абразионная деятельность водохранилищ нередко ставит под угрозу жилые кварталы городов, промышленные и транспортные сооружения. Переработка берегов и формирование чаши водохранилища – сложный процесс, в котором принимает участие ряд факторов, различных по значимости. Его действие проявляется в волнах, течениях и периодических колебаниях уровня воды в водохранилище.

В нижней части водохранилища, примыкающей к плотине, в связи с отсутствием уклонов водной поверхности течения не возникают. В этом районе действует абразия так же, как в морях и озерах, за счет ветровых волн и колебаний уровня. В средней части водохранилища действует паводковые течения. Переработка берегов происходит за счет их эрозионной деятельности. В верхней части водохранилища для периода паводка типичен речной режим с речной эрозией.

Большое разрушающее действие на берега водохранилища оказывает волноприбой, возникающий в результате колебаний уровня. Амплитуда этих колебаний иногда достигает 7-10 метров.

Существенное влияние на переработку берегов оказывает морфология склонов, их геолого-литологическое строение и свойства пород. По морфологическим особенностям выделяют берега приглубые с крутизной склонов более 6^0 и отмелые – менее 6^0 . Наиболее сильно разрушаются приглубые берега, а на отмелых, наоборот, образуются наносы. В первом случае береговая линия отступает, во втором – образуются косы и отмели. Наиболее интенсивно разрушаются выступы берегов. В бухтах чаще происходит накопление осадков.

Водохранилища часто создают подпор грунтовым водам, и подземные воды оказывают дополнительное воздействие на склоны. Появляются оползни, обвалы. Все эти процессы происходят особенно интенсивно при быстром спаде уровня воды в водохранилище. Возможны такие случаи заболачивания берегов или образования солончаков.

Для проектирования строительных объектов инженерно-геологические исследования должны дать прогноз переработки берегов. Оценивают ширину полосы возможного размыва берега, интенсивность процесса переработки берега, т.е. ширину береговой полосы, которая будет размыва за 1 год, 10 лет, 20 лет и т.д.

В водохранилищах у берегов накапливаются осадки обломочного характера. К ним примешивается материал конусов выноса оврагов, дельтовых отложений рек, выпадающих в водохранилище, делювиально-пролювиальные осадки. На дне водохранилищ откладывается материал, который приносит с собой вода главного русла реки (глины, суглинки, илы и т.д.). В зону переработки берегов нередко попадают здания, сооружения, сельхозугодья. В этом случае их необходимо переносить в безопасное место или ограждать от влияния волн, разрушающих берег.

Существует ряд мер, которые позволяют активно бороться с переработкой берегов. Против переработки берегов можно применять те же сооружения, что и в борьбе с абразией морей и озер. Однако буны и волноломы выполняют хорошо свою роль лишь при небольших колебаниях уровня, а в водохранилищах они значительны. Поэтому для защиты берега и дамб обвалование лучше применять различные покрытия из камня, ж/б плит, асфальта, геосинтетических материалов.

Болота. Избыточно увлажненные участки земной поверхности с развитой на них специфической растительностью называют болотами. В России болота наиболее широко развиты в северных районах – в Сибири. Болота более свойственны берегам рек, старицам, побережьям озер, вечной мерзлоте.

По происхождению, т.е. по условиям питания водой, болота подразделяют на низинные, верховые и переходные.

Низинные болота питаются грунтовой, а также дождевыми и талыми водами. Для верховых болот основным поставщиком воды является атмосферные осадки и талые воды. Болота переходного типа имеют смешанное питание. В соответствии с условиями питания водой, низинные болота образуются заторфовыванием водоемов, а верховые болота – заболачиванием суши.

Заболоченные земли формируются на тех участках земной поверхности, где наблюдается уменьшение водопроницаемости грунтов или ухудшение условий испарения воды, поверхностного ее стока и подземного дренирования. На этих участках грунтовые воды постоянно сохраняют свой высокий уровень. Их зеркало почти совпадает с поверхностью земли. Часты случаи появления болот в местах выхода на поверхность подземных вод, где отсутствует возможность оттока. Это ключевые болота. Они имеют малую площадь распространения, развитую болотную растительность с элементами формирования торфа. Когда такие болота располагаются на верхней и средней частях склонов, их называют висячими.

Болота и заболоченные земли, характерные для долин рек, называют пойменными. Заболоченные земли типичны также вечной мерзлоте, где их образование связано с оттаиванием верхнего слоя и отсутствием возможностей к оттоку воды.

Строительная оценка болот. Болота являются неблагоприятными местами для возведения зданий и сооружений. Для определения возможности строительства на болотах необходимо установить происхождение болота и его основные характеристики (глубину, рельеф минерального дна, площадь). Зная происхождение болота, можно разработать мероприятие по его осушению.

Наиболее легко осушаются верховые болота. Глубина болотных отложений имеет решающее значение для выбора типа фундамента и всей конструкции сооружения. По глубине болота подразделяют на мелкие (до 2 м), средние (2-4 м) и глубокие (более 4 м). При строительстве на мелких болотах, когда фундамент будет опираться на минеральное дно, наибольшее значение имеет рельеф дна болота. Наиболее благоприятно болото с горизонтальным дном.

Охрана природной среды как общечеловеческие задачи. Последние десятилетия XX века ознаменовались стремительным ростом численности населения Земли (уже сейчас оно превышает 6 млрд. чел.) и его научно-технической вооруженностью. Все это вместе взятое создало невиданное до сего времени активное антропогенное воздействие на биосферу. По словам Вернадского «человеческая деятельность превратилась в геологический фактор». Геологические процессы, сформировавшие нашу планету, построившие ее, создавшие геологические структуры, породы, ландшафты и внешний облик, неизмеримо медленнее по своим темпам, чем мощная строительная деятельность последних 200 ^{от} лет. Когда за считанные годы, месяцы, дни (и даже минуты: взрывом построена плотина в Медео), человек создает города, как техногенные горные системы; каналы, как техногенные реки; терриконы вскрышной породы, как техногенные холмы; добывает руду, уголь, нефть, поднимая их на поверхность, как вулканы; сельскохозяйственная деятельность стала соизмеримой по масштабам с денудационными процессами, с выветриванием с площадной эрозией, но осуществляется она в тысячи раз быстрее, чем в природе на протяжении всей геологической истории. Строительство – один из самых мощных видов производственной деятельности XX века, превратилось в природообразующий («средодеформирующий») фактор. Изменяемая при строительстве геологическая среда оказывает значительное влияние на протекание процессов в сложившемся круговороте вещества, энергии и информации в биосфере, часто дестабилизируя круговоротные процессы. Кроме того, повсеместное загрязнение окружающей нас среды разнообразными веществами, порой не имеющими природных аналогов и подчас совершенно чуждыми для нормального существования живых организмов, представляет серьезную опасность для нынешнего и будущего поколений человека на Земле. Налицо наличие глобального экологического кризиса, и перед биосферой дилемма довольна проста в своем решении: биосфера сможет справиться с кризисом через несколько десятков тысяч лет, но без человека и человечества, а это для нас практического смысла не имеет. Выходом из кризиса для человека является сохранение природной среды, адекватной по своим экологическим условиям для сохранения биосферы в целом, и с человечеством в частности. Для этого необходимо решение ряда проблем, многие из которых не нашли еще даже теоретических решений: одни – технологически сложны, другие – экономически не выгодны, а главное, большинство этих проблем человеческим разумом неосознанны. Тем не менее, мировым сообществом выработаны некие модели развития на ближайшую и отдаленную перспективу, одной из которых является «Концепция устойчивого (поддерживающего) развития», обусловленная согласием, несмотря на серьезные критические возражения подавляющего большинства государств мира в Рио-де-Жанейро в 1992 году.

Современная кризисная экологическая ситуация в своем разрешении, в том числе и в рамках «поддерживающего» (устойчивого) развития, требует экологизации многих сфер человеческой деятельности, и в частности, строительства, как чрезвычайно мощного фактора воздействия на природную среду. Необходимо учитывать, что строительство свое воздействие будет наращивать в связи с ростом общей численности населения Земли и в связи с нарастающей урбанизацией (уже сейчас почти 60 % населения живет в городах). Кроме того, появилась тенденция к созданию мегаполисов и промышленных зон большой территории. Следует иметь в виду, что строительная экспансия не обязательно связана с новым строительством и освоением новых территорий но все больше будет направлена на реконструкцию имеющихся поселений и промышленных комплексов и с активным освоением подземного пространства. При этом существенно возрастают роль инженера-геолога, инженера-строителя и специалиста-эколога, обладающих геологическими знаниями. Это связано с тем, что в условиях реконструкции существующих сооружений им придется использовать уже измененную под их воздействием геологическую среду, а также проектировать и возводить здания в условиях влияния других зданий при имеющейся плотной городской застройке. При этом необходимо учитывать нарастание требований по обеспечению бережности и надежности сооружений даже при возможно мощных природных и техногенных чрезвычайных ситуациях, так как при росте численности Земли все чаще будет необходимо использовать под строительство сложные в геолого-климатическом отношении территории. Кроме того, человек все более «привыкает» к жизни и работе в комфортных условиях, во все большей коммуникационной «атмосфере», что определяет необходимость улучшения качества зданий и сооружений, формирующего, в свою очередь, качество жизни человека. И при всем при этом главнейшим остается на ближайшую перспективу снижение техногенного натиска на биосферу, сохранение биоразнообразия, устранения загрязнений и т.д.

С позиций инженерной геологии это повышает требования к результатам ее исследований и в определенной мере экологизирует ее как науку.

Коэволюция инженерной геологии и геоэкологии. Рассматриваемая проблема коэволюции инженерной геологии и геоэкологии имеет вполне определенное значение, обусловленное новым этапом в развитии геологических и экологических наук. Вспомним, ставшее классическим определение Е.М. Сергеева, трактующему инженерную геологию как науку о рациональном использовании и охране геологической среды от вредных для человека и природы процессов и явлений. Это определение, высказанное более 20 лет назад, во многом предопределило экологизацию, наверное, самой «инженерной» из всех геологических дисциплин науки. Данная экологизация, заложенная в «природоохранной» части определения, сыграла роль «установки», как говорят психологи, на все последующее развитие инженерной геологии. При этом не следует забывать о том, что и вся предыдущая история инженерной геологии имела вполне определенные экологические корни. И возникновение инженерной

геологии обусловлено вполне экологическим фактором, а именно – строительством, и точнее требованиями строителей об обеспечении их необходимыми для расчетов фундаментов сведениями о прочности и деформируемости подстилающих грунтов, т.е. характеристиками абиотической составляющей вновь создаваемой антропогенной экосистемы. Так что встречающееся иногда расхожее определение инженерной геологии как геологии на службе у строителей, в общем-то, достаточно точное. А если это так, то строительство, будучи чрезвычайным экологическим фактором, предопределило инженерную экологию как науку экологического цикла.

Главными предметами, точнее объектами, которые изучались инструментально, были грунты, их свойства и изменение этих свойств во взаимодействии с сооружением, а затем, все более инженерно-геологические процессы, т.е. инженерная геология постепенно переходит от изучения объектов в статистике – статистических систем – к изучению динамических геологических систем во взаимодействии со строительными системами. Строительная система – здания, сооружения и их комплексы с инфраструктурой инженерных сетей, обеспечивающих их функционирование, а также сосредоточенные в них технологии. В большинстве случаев строительная система служит оболочкой, отделяющей техногенную и природную среду, в которой осуществляется жизнедеятельность.

Рассмотренные экологические аспекты взаимодействия строительства и геологической среды приводят к заключению о необходимости комплексного рассмотрения системы «сооружение – окружающая среда», и это предопределило формулирование экологической проблематики в геологии. Е.А. Козловский в 1989 году назвал это новое научное направление геоэкологией. Функциональной единицей является «геоэкологическая система», включающая в себя: растительность, живые организмы (в т.ч. человека), геологическую среду и техногенно-хозяйственные объекты.

Обобщенная характеристика современного этапа определяется понятием «техногенеза». Техногенез в первую очередь отождествляется с горнорудной промышленностью, со строительством. Рассмотрение техногенеза, исключительно как порообразующего фактора, а строительства как части техногенеза, в виде орогенеза и (или) денудации может быть в определенной мере соотнесено с эволюцией инженерно-геологических условий. Кроме этого идут активные процессы внедрения продуктов человеческой деятельности в виде вульгарных загрязнений и более «мягкий» путем во все геосферы. В настоящее время эволюция инженерно-геологических условий теснейшим образом связана с воздействиями изменяющихся атмосферы, гидросферы и биосферы. Взаимодействие всех геосфер в условиях техногенеза настолько тесное, что можно говорить о их «соразвитии» или «коэволюции». Создаваемая природно-техногенная система пока не развивается коэволюционно с природными геосферами, и в этом причина экологического кризиса. Изучение коэволюционных изменений в природной среде под воздействием человека и измененных

природных условий (как коакций) на человека и есть задача геоэкологии. В то же время носитель всех геосфер – геологические объекты, и человек базируется на геологической среде в виде природно-техногенных (и строительных) систем исключительно через инженерно-геологические взаимодействия.

Итак объектом геоэкологии являются все геосферные оболочки Земли и при рассмотрении «строительной системы»² необходимо учитывать ее взаимодействие не только с геологической средой.

Все изложенное говорит о наличии коэволюционного развития новой геологической науки и инженерной геологии в ее современном понимании. Глобальная проблема охраны природной среды затрагивает как все человечество в целом, так и все страны и народы и может быть решена лишь коллективным разумом и при объединении усилий всех людей на планете. Это связано с тем, что природные ресурсы Земли (атмосфера, гидросфера, флора, фауна) не могут быть разделены государственными границами; этих границ не признают и многие загрязнения. Каждое государство, охраняя среду в своих границах, решает тем самым и глобальные проблемы. 1 апреля 1996 г. был издан Указ Президента РФ № 440 «О концепции устойчивого развития РФ», также постановлением правительства была утверждена программа по реализации в России концепции устойчивого развития. На сегодня территория нашей страны достаточно хорошо изучена, определены районы острых экологических ситуаций, зоны истощения ресурсов и зоны, которые потенциально могут выступить компенсаторами экологических нарушений. Все это позволяет приступить к целенаправленному сосредоточению средств и усилий на природоохранных мероприятиях, на экологизации человеческой деятельности, на восстановлении нарушенных экосистем, на всех тех направлениях, которые были приняты на Глобальном форуме в Рио-де-Жанейро в 1992 году и закреплены в его заключительных документах – в «Повестке дня на XXI век».

ЛЕКЦИЯ №16

Управление охранной природной среды. Мониторинг и рекультивация земли. В строительном деле важнейшей задачей является прогноз возможных нарушений и природной среды и выработка рекомендаций по их устранению, т.е. для этого нужна система управления природными процессами, которые будут сопровождать строительство.

Важнейшим управляющим инструментом является нормативно-правовой механизм, регламентирующий экологические аспекты производственной, в том числе строительной деятельности. Следует отметить, что инженерные изыскания и инженерно-геологические, в частности, относятся к виду строительной деятельности и подлежат обязательному лицензированию. В последнее входят как составной элемент – обязательное выполнение требований по охране и рекультивации среды при выполнении этих работ.

В России действует единая система ГОСТов в области охраны природы использования природных ресурсов. Стандарты имеют силу законов. В систему стандартов входит ряд комплексов (в форме ГОСТов): на охрану водных объектов, флоры, фауны, атмосферы, а также на защиту почвы от загрязнения и эрозии рациональное использование поверхности и недр земной коры. Система стандартов является эффективным средством государственно-правового регулирования и управления всеми мероприятиями в области охраны природной среды. Кроме государственных имеются стандарты отдельных отраслей народного хозяйства, которые детализируют ГОСТы применительно к местным условиям, учитывают особенности земной коры каждого региона и характер своей хозяйственной деятельности. Естественно, что только нормативными актами и контролем за их исполнением проблемы не решить. К сожалению, на данный момент самый эффективный из механизмов управления – экономический, в виде достижения прибыли, «выгодности» экологической деятельности в строительстве в полной мере у нас в стране, да и за рубежом пока работает недостаточно. Это явление, в частности, результатом пока недостаточности экологического образования и воспитания.

Основы мониторинга. В последние годы деятельность человека по охране природной среды резко активизировалась. В связи с этим появился мониторинг, как новая отрасль науки. Мониторинг – это система наблюдений, оценки и прогноза состояния окружающей человека природной среды. Дополнительно к этому в практику вошел другой термин – литомониторинг, который применим к земной коре или, иначе говоря, к геологической среде. Основной целью литомониторинга является выявление нарушений в природной среде и ее сохранение. Это относится к атмосфере, гидросфере, биосфере и земной коре. Мониторинг защищает интересы человека и стремится поддерживать необходимые условия для его нормативной жизни. Система мониторинга органически вписывается в глобальный (мировой), региональные (областные) и

местные (районные) уровни. Мониторинг в рамках одного государства называют национальным.

В России в рамках мониторинга контролируют состояние атмосферы, гидросферы и земной коры (особенно почв). Результаты наблюдений этих станций используются органами власти для принятия мер по устранению выявленных экологических нарушений. Станции имеют право контроля за исполнением государственных нормативных актов по сохранению природной среды. К своей работе кроме государственных учреждений станции привлекают общественные организации и население. В городах создаются общественные комитеты по охране природы. В настоящее время осуществляется программа «Литомониторинг России», куда входят вопросы наблюдения, оценки, контроля и прогноза за состоянием земной коры, которая подвергается нарушениям под влиянием техногенной (строительной) деятельности человека. В этой работе ведущая роль принадлежит инженерной геологии.

Охрана земной коры складывается из трех основных проблем:

1. охрана геологической среды;
2. охрана почв;
3. борьба с инженерно-геологическими процессами.

Геологическая среда включает в себя рельеф и горные породы земной коры. Строительство объектов серьезно нарушает геологическую среду. Поэтому при проектировании объектов следует составлять программу по предотвращению или восстановлению техногенно нарушенной геологической среды. При этом следует помнить, что природа, в свою очередь, постоянно изменяет геологическую среду. В силу естественных причин, связанных с глобальными геологическими процессами, протекающими как в глубинных зонах Земли, так и в ее поверхностной части, стоит только упомянуть такие явления, как землетрясения, вулканизм, речная эрозия и т.д.

Охрана почв. Поверхностный слой земной коры – почвы играют одну из важнейших ролей в протекании жизненных процессов, в формировании первичного природного органического вещества и в разложении остатков живых организмов и отходов жизнедеятельности. Во многом, следуя идеям В.И. Вернадского, почвы можно рассматривать как границу между «живым» и «неживым» и как источник получения продуктов питания. Общая площадь почвенного покрова на планете сокращается, за последнее пятидесятилетие на Земле потеряна пахотная площадь размером с полуостров Индостан, многие почвы теряют свое плодородие. Это во многом связано с отрицательным воздействием техногенной деятельности человека. Правовая охрана почв представляет совокупность законодательных мероприятий, направленных на эффективное и рациональное их использование, на всемирное сохранение и защиту от вредных воздействий. Перед строительством почвенный слой должен быть снят и размещен на другой территории, где почва может впоследствии принести человеку необходимую пользу. Строительство и эксплуатация объектов нередко приводит к образованию инженерно-геологических процессов, которые

серьезно нарушают целостность земной коры (оползни, обвалы, провалы земной поверхности над подземными выработками, подтопление водой объектов и т.д.). Охрана земной коры в этих случаях складывается в виде разработки способов защиты территорий. При этом следует помнить, что выбор способа защиты диктуется местными геологическими условиями и природной обстановкой.

Рекультивация нарушенных земель. Всестороннее восстановление поверхности земной коры, нарушенной в процессе техногенной деятельности человека, называется рекультивацией земель. В настоящее время разработана научная классификация нарушенных земель, дана их характеристика по пригодности для того или иного хозяйственного использования. Это позволяет решать практические задачи рекультивации. Опыт рекультивации показал, что можно вернуть к жизни даже сильно нарушенные земли. Основные задачи рекультивации заключаются в следующем:

1. исключение или сведение до минимума неблагоприятных воздействий техногенной деятельности человека, в частности при производстве строительных котлованов, карьеров, отсыпки отвалов и т.д.;
2. восстановление экологического равновесия в местах нарушения земной поверхности.

При разработке проектов рекультивации для данного участка учитывают рельеф местности, тип горных пород, характер подземных вод, климат, особенности растительности. В разработке принимают участие инженеры-геологи, экологи, геодезисты, почвоведы и др. специалисты. В проектах предусматривают сложный комплекс горных, гидротехнических, гидрогеологических, мелиоративных, строительных и сельскохозяйственных работ. Рекультивация бывает в основном двух видов: горно-техническая и биологическая.

Горно-техническая рекультивация. Основная ее задача – приведение нарушенной поверхности земли в порядок. Работа начинается с планировки территории и покрытия слоем почвы (до 15 см). На базе этого создается дерновый слой, который хорошо укрепляет поверхность земли, особенно склоны рельефа. При необходимости грунтовые воды регулируются дренажами. Принимаются меры по предотвращению появления инженерно-геологических процессов, создаются устойчивые откосы, упрочняется поверхность земли от размыва и развеивания ветром.

Биологическая рекультивация, предусматривает освоение территории под жилую застройку или создание зон отдыха. После планировки поверхность покрывают почвой с последующей посадкой деревьев, кустарников и посевом сельскохозяйственных культур. В местах отработанных карьеров возможно создание водоемов. Опыт работ по рекультивации показал следующее:

1. рекультивацию нарушенной территории по планировке земли необходимо проводить в кратчайшие сроки после завершения или в период строительства объекта;
2. откосы склонов и отвалов земли следует покрывать лесом или высевать многолетние травы.

Для посадки леса поверхность земли необходимо выколаживать до 18-20⁰, под сады – до 11⁰ и сельскохозяйственные культуры – до 3-5⁰.

Задачи по охране природной среды. При производстве работ, как и при эксплуатации объектов, нарушения природной среды практически неизбежны. Задача экологов сводится к тому, чтобы всегда находить средства и технические возможности для их устранения. Для этого в проекты строительства и на период эксплуатации объектов следует закладывать природопользовательные факторы, с помощью которых можно либо не допускать, либо сводить до минимума нарушения природной среды. Природные мероприятия необходимо разрабатывать на основе опыта строительства, прогноза динамики развития и изменения земной поверхности в силу природных факторов. О выполнении этих мероприятий в период строительства должно быть указано в акте на сдачу объектов в эксплуатацию. Экологи должны относиться к охране природы, как и важнейшей своей служебной обязанности, быть организатором и руководителем всех природоохранных работ. При проектировании следует оценивать степень будущего нарушения природы. Возможны случаи, когда от строительства следует отказаться. Нежелательно занимать земли, пригодные для сельского хозяйства, целесообразно использовать земли непригодные или малопригодные. В период строительства необходимо особое внимание уделять сохранению почв. Вскрышные грунты, которые образуются при вскрытии котлованов, следует вовлекать в сферу строительства (отсыпка насыпей, планировка территорий и т.д.) и не делать отвалов. Не менее важным мероприятием по охране природы при строительстве и эксплуатации объектов является борьба с запылением воздуха, загрязнением водоемов и зеленых массивов, против усиления эрозии, отравления почв.