1. Объясните значение инженерной геологии для строительства железных дорог и их эксплуатации

*Инженерная геология* является одной из геологических дисциплин. Она разрабатывает широкий круг научных и практических проблем, решает многие задачи, возникающие при проектировании, строительстве сооружений (тоннелей, плотин, мостов, дорог и различных промышленных и гражданских зданий) и при проведении инженерных работ по улучшению территорий (осушение, борьба с оползнями, карстом и другими геологическими явлениями).

Инженерная геология включает следующие основные разделы: инженерную петрологию, инженерную геодинамику и специальную инженерную геологию. *Инженерная петрология* изучает состав, строение, физико-механические свойства горных пород. В задачу инженерной петрологии входит также прогноз изменения свойств пород под влиянием возводимых сооружений.

*Инженерная геодинамика* изучает геологические процессы, как природные, так и возникающие под воздействием сооружений, влияющие на устойчивость и эксплуатацию сооружений, и разрабатывает защитные мероприятия.

*Специальная инженерная геология* изучает условия строительства гражданских, дорожных, гидротехнических и подземных сооружений в различных геологических условиях.

Возникновение инженерной геологии и ее развитие на первых этапах были связаны со строительством, когда строители изучали горные породы как основание, среду и материал для различных сооружений. Началом же научных исследований инженерно-геологического плана следует считать первые десятилетия XIX века. Строительство путей сообщения, заводов, фабрик, плотин и других сооружений требовало обеспечения их надежности. В этом большую роль сыграли первые русские инженеры путей сообщения, воспитанники и профессора старейшего вуза страны — Института корпуса инженеров путей сообщения, ныне Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС), основанного в 1810 г.

Уже в первые годы работы института в нем изучался курс минералогии и геологии. Можно считать, что зарождение инженерной геологии в приложении к строительству путей сообщения в России относится к началу XIX века и первые работы в этой области принадлежат перу инженеров путей сообщения. Выполнение геологических исследований для целей железнодорожного строительства в России относится к 1842 г. — началу постройки первой железной дороги нормальной колеи. В этой связи строители начали уделять горным породам большое внимание. Растущие масштабы строительных работ требовали привлечения геологов к изысканиям под строительство. Поэтому уже в начале XX века геологи начали привлекаться к решению вопросов, связанных со строительством железных дорог. Среди геологов в этой работе принимали активное участие: И.В. Мушкетов, В.А. Обручев, А.В. Львов, Ф.Ю. Левинсон-Лессинг, А.П. Павлов и др. Они работали как эксперты и изыскатели на различных стройках, проводили исследования с целью изучения оползней, карста, обвалов, вечной мерзлоты на железных дорогах. По результатам обследования объектов появилась литература, касающаяся условий проведения железнодорожных линий.

Строительство таких сооружений, как ДнепроГЭС, гидроэлектростанции на Волге, Оке, строительство Беломорско-Балтийского канала, канала им. Москвы вызвало необходимость всестороннего изучения геологических условий возведения этих сооружений, потребовало применения новых методов геологических исследований и количественных оценок природных геологических условий, определяющих устойчивость сооружений. Столь же серьезные требования предъявляли к геологии строительство промышленных предприятий Магнитогорска, Кузнецка, Запорожья, реконструкция Москвы и других городов. Значительный комплекс геологических исследований был выполнен в связи с постройкой Московского метрополитена. Таким образом, инженерная геология как наука появилась в результате запросов практики строительства. Все возрастающие объемы строительных работ способствовали созданию в 1930 г. кафедры грунтоведения в Ленинградском университете, а в 1938 г. аналогичной кафедры в Московском университете. Грунтоведение изучало любые горные породы как объект инженерно-строительной деятельности. В 1944 г. при АН СССР была организована Лаборатория гидротехнических проблем имени академика Ф.П. Саваренского, которая наряду с гидрогеологическими проблемами занималась вопросами инженерной геологии. В настоящее время инженерная геология на транспорте все более совершенствуется в своем развитии: используются геофизические методы разведки, аэрокосмические и другие методы, позволяющие улучшить и ускорить выполнение инженерно-геологических исследований. Используются также данные физико-химии грунтов, что дает возможность познать природу происходящих в них процессов. Не меньшее значение для инженерной геологии имело успешное развитие сопредельных наук. Так, например, развитие физики, химии, математики и механики грунтов позволило инженерной геологии воспользоваться новыми методами для количественной оценки свойств горных пород и геологических явлений. Инженерная геология из описательной науки стала наукой конкретной, комплексной, тесно связанной со многими инженерными дисциплинами, такими как: «Механика грунтов, основания и гундаменты», «Изыскания и проектирование железных дорог», Железнодорожный путь», «Мосты и тоннели», которые без геологических данных не могли правильно решать свои задачи. Из приведенной схемы (рис. 1.1) следует, что инженерная геология многое берет из разделов геологии, пополняет их результатами собственных исследований и дает необходимый материал строительству и горному делу.

Известно, что всякое инженерное сооружение должно быть возведено с наименьшими затратами рабочей силы, материалов я времени. Одновременно оно должно обладать высокой прочностью и устойчивостью. Иногда возводимые сооружения вызывают возникновение новых природных геологических процессов и изменение существующих. Поэтому оценка природных условий *района* строительства является важнейшим условием его успешности. Чтобы обезопасить сооружение от деформации и разрушения в каждом случае следует определить возможность появления процессов, которые могут непредсказуемо проявитьсявпоследствии. При этом опасны не столько неблагоприятные геологические условия, сколько их недостаточное знание. Поэтому при возведении сооружений необходимо проведение тщательных и весьма детальных инженерно-геологических изысканий, которые бы позволили вскрыть всю сложность геологического строения и предупредить проектировщиков от ошибок и недоучета геологических особенностей и физико-механических свойств горных пород в местах постройки, а также предусмотреть необходимые профилактические мероприятия, предохраняющие сооружения от различных деформаций и обеспечить их нормальную эксплуатацию.

Проведение инженерно-геологических изысканий при изучении районов строительства дает возможность при проектировании сооружений учесть все природные особенности места строительства и выбрать наиболее благоприятные участки. Для организации инженерно-геологических изысканий и последующего инженерно-геологического заключения следует получить ясное представление о геологическом строении местности, т.е. стратиграфии, тектонике, литологии, физико-геологических процессах, получивших развитие в данном районе. Правильно установленная стратиграфия определяет положение горных пород, обладающих различными физико-механическими свойствами, и тем самым является необходимой для оценки условий размещения сооружения. Роль тектоники в оценке инженерно-геологических условий места возведения сооружения очень велика. Тектонические нарушения горных пород создают иногда настолько трудные условия для строительства, что приходится искать мероприятия, позволяющие с безопасностью возводить сооружение, или определять другое место для его возведения.

Сложные формы залегания пород вызывают чрезвычайную изменчивость инженерно-геологических условий. Весьма значительна роль гидрогеологических особенностей в инженерно-геологических работах.

Инженерно-геологические изыскания выполняются при составлении проекта любого инженерного сооружения или хозяйственного использования территории. Материалы изысканий служат обоснованием проекта, поэтому в них освещаются геологические условия и оцениваются все факторы, влияющие на выбор места расположения сооружения, условия его строительства, эксплуатации и реконструкции.

*Основными задачами инженерной геологии являются:*

* изучение горных пород как грунтов основания, среды для размещения сооружений и строительного материала для различных сооружений;
* изучение геологических процессов, влияющих на инженерную оценку территории, выяснение причин, обусловливающих возникновение и развитие процессов;
* разработка мероприятий по обеспечению устойчивости сооружений и защите их от вредного влияния различных геологических явлений.

При изучении геологических процессов обычно используют все основные методы геологии и эти исследования должны обязательно завершаться количественной оценкой и прогнозом. Поэтому в учебнике уделяется особое внимание использованию количественных показателей и методам их расчета.

В инженерной геологии известна следующая классификация геологических процессов, вызываемых *эндогенными* (глубинными), *экзогенными* (поверхностными) и инженерно-геологическими факторами, предложенная Ф.П. Саваренским (1941) и И.В. Поповым (1951) (табл.).

Таблица. Классификация геологических процессов

|  |  |
| --- | --- |
| Процессы | Физико-геологические явления |
| I. Деятельность поверхностных вод (морей, озер, рек) и временных потоков | Подмыв и обрушение берегов (морей, рек, озер), размыв склонов, сели |
| II. Деятельность поверхностных и подземных вод | Заболачивание территорий, просадочные явления, карст |
| III. Деятельность подземных, поверхностных вод на склонах | Оползни |
| IV. Деятельность подземных вод | Суффозия, плывуны |
| V. Промерзание и оттаивание | Морозное пучение грунтов, вечная мерзлота и ее проявления |
| VI. Выветривание | Обвалы, осыпи |
| VII. Внутренние силы Земли | Сейсмические явления |
| VIII. Инженерная деятельность человека | Осадка, просадочность, набухание, подземные и поверхностные деформации |

Как следует из табл., геологические процессы, происходящие на Земле, обусловлены эндогенными силами, особенностями рельефа, физико-географическими условиями: климатическими, сезонными, составом горных пород, их выветрелостыо, структурой скальных пород и "провоцирующей" к нарушению природного равновесия деятельностью человека.

В учебнике все важнейшие геологические и инженерно-геологические процессы рассматриваются в соответствии с табл.

1. Опишите данные минералы и породы

Минерал: ортоклаз.

|  |  |
| --- | --- |
| Класс | Силикаты и алюмосиликаты |
| Химический состав | K[AlSi3O8] |
| Цвет | Белый, кремовый, розовый, желтоватый |
| Блеск | Стеклянный |
| Спайность | Спайность совершенная по одному и средняя по другому направлению под углом 900 |
| Твёрдость | 6 |
| Породы, в которые входит этот минерал | Сиенит, трахит, ортофир |

Породы.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | габбро | песок | кварц |
| Происхождение | Магма-Лакколиты, штоки, дайки | Речные, морские, ледниковые, эоловые | Кристаллизация из расплавов и растворов |
| Минералогический состав | Полевой шпат, (лабрадор-*лабрадорит*), авгит, роговая обманка, иногда оливин | Мономинералы (кварцевый песок) и полиминералы (зёрна полевого шпата, кварца, слюды) | Слюда и минералы |
| Структура | Полнокристаллическая, равномернозернистая | Рыхлая порода | Рыхлая порода |
| Текстура | Гладкая | Зернистая | Зернистая |
| Цвет | Зелёный, иногда чёрный | Жёлтый, коричневый, белый | Белый, бесцветный, чёрный, серый, фиолетовый |
| Практическое применение | Буровой камень, щебень для бетона и как дорожный материал. Гидротехнические сооружения. Декоративный материал (облицовочные плиты) | Как строительный материал. В стекольной, фарфорофаянсовой, металлургической промышленности, дорожном строительстве (бетон) | Облицовка зданий, опор мостов |

1. Назовите основные физико-механические свойства горных пород, необходимые для проектирования и строительства. Опишите условия образования и строительные свойства данных грунтовых отложений

Горные породы находят в строительстве обширное применение. При возведении инженерно-технических сооружений учитываются прочность, жесткие связи и несущая способность скальных пород, при возведении откосов берутся во внимание монолитность, трещиноватость, степень выветривания горных пород, при строительстве дамб, плотин, подтопляемых насыпей, определяется подверженность пород (слагающих минералов) к размоканию и выветриванию.

Многие горные породы представляют собой незаменимый строительный материал для дорожных покрытий, бутового камня, облицовочных плит, при изготовлении цемента, извести, гипса.

Из обломочных пород довольно широкое применение может иметь булыжный камень из гранита, гнейса, базальта: большая прочность, высокая теплопроводность и значительная плотность (1,80-2,50 г/см3*).* Более мелкие булыжники (до 20 см в поперечнике) применяют для мощения дорог.

Гравий используется для изготовления бетона (при размере частиц от 5 до 80 мм) и для мощения проезжей части дорог. Песок применяют в кирпичной кладке (размер частиц до 2,5 мм), бутовой кладке (до 5 мм), для отделочной затирки (0,5-1,0 мм). Плотность песка колеблется в пределах 1,25-1,65 г/см3 при объеме пустот до 40%.

Глина по характеру образования подразделяется на: а) первичную или остаточную и б) вторичную или переотложенную. Первая более качественная и содержит меньше примесей. По огнеупорности выделяют:

огнеупорную с температурой плавления выше 1580°С;

тугоплавкую — 1350-1580°С;

неогнеупорную — 1350°С.

Применение глины обширно: кирпичное, черепичное, гончарное производства, строительные растворы.

Применяются в хозяйстве техногенные породы (шлаки) — остатки от сжигания угля, торфа и горючих сланцев — так называемые котельные шлаки; доменные шлаки в гранулированном виде идут в качестве мелкого заполнителя в легких бетонах, в тонкоразмолотом виде как добавки к вяжущим материалам.

Условия образования и строительные свойства ледников

*Ледники* — это движущиеся естественные скопления льда, возникающие на поверхности суши при постепенном уплотнении и перекристаллизации многолетних скоплений снега.

Ледники покрывают 11% поверхности суши (16,2 млн. км2). 1.5% этой площади приходится на ледники Антарктиды, Гренляндии и островов Северного Ледовитого океана.

*Условия образования ледников.*

Необходимые условия образования ледников — это холодный климат и твердые атмосферные осадки. В таких условиях происходит постепенное накопление снежного покрова, так как выпадающий за зиму снег в летнее время растаивает не весь. При существовании такого режима продолжительное время толщина снежного покрова из года в год увеличивается. Выпадающий снег под влиянием лучей солнца оплавляется и превращается в зернистый снег - *фирн.* Фирн под влиянием цементации замерзающей воды превращается в *фирновый лед,* а он при дальнейшем уплотнении — в сплошной *глетчерный лед* (нем. gletsher — лед).

На образование 1 м3 глетчерного льда расходуется около 11 м3 снега.

Несмотря на то, что лед является твердым телом, он все же обладает значительной пластичностью. Поэтому в горных ледниках движение льда подобно течению воды в реках, с той лишь разницей, что скорость движения льда значительно меньше скорости течения воды. Она весьма изменчива и зависит от интенсивности питания, уклона поверхности подледникового ложа.Скорости движения ледников различны в поперечном сечении. Срединные части ледника, где мощность льда больше, движутся быстрее, краевые - менее мощные и испытывающие трение борта долины — медленнее. Вследствие изменчивости поперечного сечения долины, неровности подледникового ложа, различия скорости движения, ледники, перемещаясь по долинам, испытывают деформации, приводящие к возникновению трещин. Иногда глубина трещин достигает 50 м и даже 250 м. Геологическая деятельность ледников заключается прежде всего в том, что они истирают своей тяжестью, а также вмерзшими в их придонные части камнями ложе долины, придавая форму кара, цирка, трога (нем. trog - корыто). *Инженерно-геологическая характеристика ледниковых отложений.* К ледниковым отложениям относят различные моренные образования. Они отличаются большой неоднородностью как по мощности, так и по простиранию, а также неоднородностью их гранулометрического состава. Основная масса морен обычно сложена глинистым материалом, образовавшимся в значительной части путем механического перетирания движущимся льдом более крупных обломков горных пород. В составе морен могут быть также пески и крупные обломки пород. Состав основной массы морен неодинаков. В одних частях она более глинистая, в других — более песчаная, гравийная или щебенистая. Отличительной чертой глинистых моренных образований является их высокая плотность — 1,8-2,3 г/см3 и небольшая пористость 25-35%. Моренные глинистые грунты считаются надежным основанием для инженерных сооружений.

1. Перечислите методы определения абсолютного и относительного возраста пород. Назовите эры и периоды геологической истории Земли

*Метод определения абсолютного возраста пород.* Метод основан на использовании изотопов химических элементов. В горных породах обычно содержится некоторое, иногда очень ничтожное, количество радиоактивных элементов (U, Ra, Th и др.). Каждый их них распадается с присущей только ему скоростью. Процессы распада идут самопроизвольно и на скорость распада не влияют ни какие внешние факторы. Поэтому радиоактивные элементы могут служить эталоном геологического времени. Длительность процесса обычно очень велика. Например, период полураспада урана U составляет 5 млрд. лет. При тщательном и весьма точном анализе горной породы устанавливается, сколько в ней появилось Pb (продукт распада) и сколько осталось неразложившегося радиоактивного элемента. На этом основании и определяется возраст породы. Для образования из ста граммов урана одного грамма Pb потребуется 7400 млн. лет. Абсолютный возраст породы, лет, в которой найдено *т,* г U и *n*, г Pb, определяется по формуле:

A=,



где *n*pb— содержание в породе свинца, г;

*m*u — содержание в породе урана, г.

На основе изучения геологического строения земной коры и истории развития жизни, исследователи получили возможность разбить всю геологическую историю Земли на отдельные отрезки времени и составить по данным абсолютного и относительного возраста горных пород шкалу геологического времени — *геохронологическую шкалу.* Каждый отрезок геологического времени имеет свое название и индекс (на геологических картах также применяют различные цвета). Для слоев пород, которые образовались в эти отрезки времени, были предложены свои названия, что позволило создать *стратиграфические шкалы:* фанерозоя и криптозоя. Толщу пород, образованную за время *эона* называют *эонотемой,* за время *эры* — *эратемой,* за время *периода - системой,* за время *эпохи* — *отделом.* Самый короткий отрезок геохронологической шкалы - *век,* а образовавшаяся за это время толща горных пород называется *ярусом.* Например, К2dat читается как — меловой период, поздняя эпоха, датский век, а цвет заливки на инженерно-геологической карте — зеленый.

*Метод определения относительного возраста пород.*

*Относительный возраст* осадочных пород определяется на основе изучения условий залегания и взаимоотношения отдельных слоев осадочных пород и на основе изучения сохранившихся в них остатков растительных и животных организмов. Основной принцип определения относительного возраста пород этим методом заключается в том, что при последовательном залегании пластов осадочных пород лежащие ниже будут древнее, чем вышележащие.

*Стратиграфический метод* основан на изучении условий залегания пластов горных пород.

*Палеонтологический метод* получил в геологической практике наибольшее применение. Он основан на изучении ископаемых остатков вымерших организмов. Еще в начале XIX в. инженер Смит при строительстве каналов в Англии обнаружил в различных толщах многочисленные окаменелые остатки животных организмов. При изучении установлено, что отдельные формы животных организмов приурочены только к определенным слоям и отсутствуют в других. Был сделан очень важный вывод: в пластах одного и того же возраста присутствуют одни и те же ископаемые животные и растительные остатки, не встречаемые в более древних и более молодых отложениях. Установлено также, что чем пласт древнее, тем более простые формы организмов он содержит. Работы Ж.Б. Ламарка, Ч. Дарвина и других ученых по эволюции органического мира позволили установить, что органическая жизнь на Земле развивалась постепенно от более простых форм к более сложным. Животные и растительные организмы в течение геологической истории постепенно совершенствовались в борьбе за существование, приспосабливаясь к изменяющимся условиям жизни. Некоторые организмы на определенных стадиях развития Земли полностью вымирали, на смену им приходили другие — более совершенные. Это позволило установить относительный возраст каждого организма в сравнении с другими организмами. Таким образом, палеонтологический метод дает возможность по остаткам организмов судить об относительном возрасте горных пород.

Эры и периоды геологической истории земли. N2, J1, C2, T1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Эра | Период | Отдел |
| Кайнозойская KZ | Неогеновый -N | Плиоцен –N2 |
| Мезозойская MZ | Юрский -J | Нижнеюрский –J1 |
| Триасовый -Т | Нижнетриасовый-Т1 |
| Палеозойская PZ | Каменноугольный-C | Среднекаменноугольный –С2 |

1. Опишите сущность процессов внутренней динамики Земли (эндогенных процессов). Приведите схемы нарушений форм залегания пород. Покажите зависимость силы землетрясения от состава пород

*Процессы внутренней динамики Земли.*

Земная кора (наружный слой Земли, мощностью 20-70 км на континентах и 5-15 км в океанах, ограниченный снизу поверхностью Мохоровичича) находится в постоянном и непрерывном движении: землетрясения, складчатые и разрывные нарушения, блоково-купольные поднятия, опускания и т.д. Эти движения и изменения лика земной коры происходят под действием *внутренних* *(эндогенных),* так называемых, *тектонических* сил Земли. Геологические тела (структурные формы), возникающие при тектонических движениях, несмотря на их значительное разнообразие, довольно приемлемо отражают *главные движения земной коры:*

* горизонтальные перемещения блоков земной коры;
* вертикальные колебательные движения в виде сопряженных во времени и пространстве поднятий и опусканий участков земной коры;
* складчатые деформации, поражающие практически все слоистые толщи земной коры (пликативные деформации);
* разрывные нарушения, расчленяющие земную кору на блоки различных размеров, включая мелкую трещиноватость (дизъюнктивные дислокации);
* магматические и вулканические перемещения расплавленногоматериала, взрывных газов, водных и грязевых смесей (инъективные дислокации);
* метаморфизм горных пород, возникающий в результате подъема глубинных флюидов и термических аномалий, что обусловлено тектоническими дислокациями и внедрением изверженных пород;
* сейсмические движения земной коры, землетрясения.

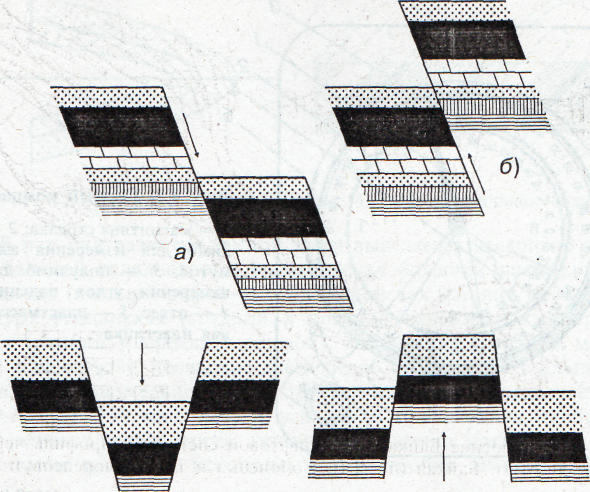
Перечисленные типы движений земной коры обычно взаимосвязаны между собой, нередко взаимообусловлены. Общим для них является изменение первоначальных условий залегания горных пород.

*Процессы внутренней динамики Земли* — это процессы, происходящие в недрах Земли за счет распада радиоактивных элементов, в результате вращения Земли и ее силы тяжести. Эти процессы могут быть обусловлены также изменением скорости вращения Земли и угла наклона оси вращения. Выявляется существенная роль космических факторов на активизацию внутренней динамики Земли.

К числу важных процессов внутренней динамики следует отнести тектонические явления, изменяющие первоначальные условия залегания горных пород,

*Тектонические процессы* в зависимости от формы проявления делятся на три типа: колебательные; складчатые; разрывные. По времени проявления они подразделяются на: 1) современные; 2)1 новейшие, связанные с четвертичным периодом и 3) прошедших геологических периодов.

Схема нарушения форм залегания пород.



в) г)

Рис. Разрывные дислокации: *а* — сброс; *б* — взброс; *в* — грабен; *г* — горст.

Выделяются следующие, часто встречающиеся: *сброс, взброс, грабен, горст,* а также: *ступенчатые сброс* и *взброс, сдвиг* и *надвиг.*

*Сброс* — это тектонический разрыв, при котором лежачее крыло поднято, а висячее - опущено. Сместитель падает в сторону опущенного крыла. В случае, если висячее крыло оказалось поднятым относительно лежачего, разрыв именуется *взбросом.* Аналогичный разрыв, но с плоскостью смещения, наклоненной под углом менее 45°, называется *надвигом.* Депрессии, ограниченные сбросами, падающими один навстречу другому, называются *грабенами* (от нем. Graben — канава). Впадина оз. Байкал представляет собой грабен. Дно его лежит на глубине 1731 м ниже его уровня.

*Горст* (нем. Horst — возвышенность, холм) — поднятый участок земной коры, ограниченный с двух сторон падающими от него сбросами.

*Зависимость силы землетрясения от состава пород.*

Скорость распространения сейсмических волн определяется составом и физическим состоянием пород. В общем случае этузависимость можно сформулировать следующим образом:

1. В плотных горных породах сейсмические волны распространяются быстрее и захватывают большие пространства; при этом разрушения зданий на этих горных породах менее значительны, чем на рыхлых.
2. В рыхлых горных породах волны распространяются слабее, но в то же время они являются наиболее разрушительными, вследствие неравномерного уплотнения пород и неравномерной осадки сооружений. Они разрушительны и в тех случаях, когда рыхлые породы незначительной мощности лежат на кристаллических породах и заболоченных землях. Разрушительная сила землетрясений зависит от их интенсивности (т.е. от количества освобождаемой энергии) и от глубины распространения очага — *гипоцентра.*

В соответствии с этим все землетрясения по глубине очагов подразделяются на:

поверхностные от 1 до 10 км

коровыедо 50 км

глубокие до 700 км.

Чаще землетрясения возникают на глубине 20-50 км. Вертикальная проекция гипоцентра на поверхность Земли называется *эпицентром.*

Сначала сейсмические волны достигают эпицентра, где удар направлен по вертикали. Затем сейсмические волны выносят колебания частиц в другие места земной поверхности, где удары направлены как бы сбоку. Чем меньше угол выхода удара а, тем слабее будут осуществляться удары.

Различают два типа волн: Р — продольные и S — поперечные.

*Продольные волны* вызывают колебания частиц горных пород вдоль направления сейсмических волн и они проявляются в виде переменного сжатия и расширения вещества в направлении их распространения. Продольные волны обладают наибольшим запасом энергии и распространяются с максимальной скоростью в твердых, жидких и газообразных средах. Скорость распространения продольных волн в гранитах и аналогичных породах составляет 5000-7000 м/с, в известняках 2000-5000 м/с, винах — 1500-2000 м/с, песках — 500-1000 м/с.

*Поперечные волны* вызывают колебания частиц среды в направлении, перпендикулярном к направлению луча продольной волны, Поперечные волны распространяются только в твердой среде и несут меньший запас энергии. Скорость распространения меньше в 1,7 раза, чем продольных волн.

На поверхности земли от эпицентра во все стороны расходятся волны особого рода — *поверхностные* (L-волны), являющиеся по своей природе волнами тяжести. Скорость их распространения ниже, чем у поперечных, но они оказывают на сооружения неблагоприятные воздействия. L-волны подразделяются на волны Лява и волны Рэлея.

1. Объясните сущность процессов внешней динамики Земли (экзогенных процессов). Опишите данные вам процессы и возможные защитные мероприятия

*Процессы внешней динамики Земли.*

Солнечная энергия порождает на поверхности Земли различные экзогенные процессы. Среди них важное значение имеет *выветривание.* Термин «выветривание» широко вошел в литературу, но он не отражает сложности и существа природных процессов, определяемых этим понятием. Во всяком случае, выветривание не следует смешивать с деятельностью собственно ветра.

*Выветривание* — это процесс физического и химического разрушения горных пород под воздействием температурных колебаний, замерзания и оттаивания воды в трещинах пород, под химическим воздействием воды, а также в результате деятельности различных организмов, газов: кислорода и углекислого газа (находящихся в атмосфере и растворенных в воде) и ветра.

Главной особенностью выветривания является постепенное дробление горной породы, при котором происходит исчезновение прочных кристаллизационных связей и возникновение новых, сравнительно слабых в механическом отношении коллоидных связей.

*Многолетняя мерзлота.*

Существуют зоны земной коры, в которых на некоторой глубине в течение тысячелетий сохраняется отрицательная температура. Это явление называют *вечной мерзлотой, устойчивой мерзлотой* или *многолетней мерзлотой*. Многолетнемерзлые породы имеют широкое развитие, и площадь их распространения составляет около 25% всей суши земного шара.

Многолетнемерзлые горные породы развиты в северных, северо-восточных и восточных районах России. Южная граница их распространения имеет весьма прихотливые очертания. В пределах Кольского полуострова и севера европейской части России она оконтуривает относительно узкую полосу, постепенно расширяющуюся к Уралу. После резкого *изгиба к* югу вдоль Уральского хребта она несколько отклоняется к северу и проходит на огромных пространствах западной Сибири почти в широтном направлении, пересекая реки Обь и Енисей. Далее она круто поворачивает к югу, протягивается вдоль правого берега р. Енисей и, огибая Алтай, уходит за пределы России, вновь появляясь на юго-востоке страны, проходя по левобережью Амура.

Достаточно широкое распространение многолетнемерзлые горные породы имеют на Северо-Американском континенте, на островах Северного Ледовитого океана, в Гренландии, Антарктиде.

Мощность вечномерзлых пород колеблется от десятков сантиметров до сотен метров. Жители Якутска в 1632 г., намереваясь черпать воду из колодца, рыли колодец до 16 м и оставили его в вечномерзлых грунтах. Эту попытку для получения питьевой воды повторил в 1826 г. житель Якутска Ф. Шергин. Но, несмотря на большую глубину (116,4 м), колодец не вышел из мерзлого грунта. Установлено, что мощность толщи вечномерзлых грунтов в районе Якутска составляет 250 м. максимально установленная мощность толщи многолетнемерзлых пород составляет 1450 м. Это в южной части Анабарского массива в верховьях р. Мархи. В районе хребтов Удокан и Жодарский мощность толщи вечномерзлых пород достигает 1300 м.

*Защитные мероприятия.*

Выбор того или иного метода зависит от конструктивных термических характеристик возводимых зданий и сооружений от геоморфологических и геотехнических характеристик условий залегания толщи вечномерзлых пород.

*Метод строительства без учета температурного режима грунтов* может применяться в тех случаях, когда основание сооружений на всю глубину оттаивания являются скальные роды,

*Метод строительства с сохранением режима вечной мерзлоты* применяется для неотапливаемых зданий и сооружений, также для зданий, отапливаемых с применением мер по сохранению вечномерзлого состояния грунтов основания. Этот метод используется, главным образом, в тех случаях, когда мерзлые грунты имеют большую мощность (15-20 м и более), а сооружение не выделяет большого количества тепла. В этих условиях мерзлое состояние грунтов может быть сохранено без сложных конструктивных решений и значительных затрат. В этом случае устраивают продуваемые крупнопористые каменные подсыпки под всей площадью основания здания или устанавливают сооружение на свайном фундаменте с проветриваемым подпольев Ленточные фундаменты почти не применяются. Известны некоторые старинные здания (двухэтажный дом архиерея в Якутии и инженерные склады в Чите), имеющие проветриваемые подполья, которые сохранились без значительных деформаций. четно-теоретическое и конструктивное обоснование принцу использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований зданий и сооружений с сохранением их мерзлого состояния был произведено в конце 20-х годов XX в. в связи с проектированем и строительством Петровско-Забайкальского металлургического завода и Якутской ЦЭС. В настоящее время этот метод является общепризнанным и универсальным.

*Метод возведения сооружений с предварительным протаиванием вечномерзлой толщи* применяется главным образом в тех случаях, когда сооружения выделяют большое количество тепла сохранение мерзлого состояния грунтов оказывается технического невозможным или экономически невыгодным. Если мерзлый слой не более 10 м, то рекомендуется: летом снять верхний утепленный слой грунта (мох, дерн, торф) и оставить его протаивать. В зимнее время на участке предусмотреть снегозадержании для утепления поверхности грунта. Таким образом, в течение 2-3 лет вечномерзлые породы оттаивают на 5-6 м. Оттаивание можно производить с помощью пара: через паровые иглы пропускают горячий пар и породы оттаивают на 7-10 м.

*Метод строительства и эксплуатации сооружений с последующим оттаиванием вечномерзлых пород* применим, когда:

1. температурный режим грунтовой толщи близок к 0°С;
2. грунты при оттаивании не являются сильно просадочными и осадка их меньше предельной величины для данного сооружения.

По этому методу рекомендуется возводить сооружения лишь награвелистых, щебенистых, песчаных грунтах, уплотняющихся при оттаивании под нагрузкой, но не выдавливающихся из-под подошвы фундамента.

*Строительство насыпей железных дорог.* Строители железных дорог впервые встретились с вечномерзлыми породами в начале XX века на участке Транссибирской магистрали в пределах Читинской и Амурской областей. Стремление сохранить в мерзлом состоянии льдистые породы в основании земляного полотна выражалось в назначении высоты насыпей не менее 2м. При отсыпке их использовались любые горные породы. Последующая эксплуатация железных дорог показала, что сохранить грунты основания в мерзлом состоянии не удалось, на значительном протяжении имелась неравномерная осадка земляного полотна. В 30-40 годы XX в. строительство железных дорог в районах Севера, Сибири и Дальнего Востока велось по принципу сохранения вечномерзлых пород в основании земляного полотна дорог. С целью сохранения вечной мерзлоты намечалась укладка термоизоляции из торфа и мха в основании насыпей, а также покрытие ими откосов насыпей и выемок. На состояние земляного полотна оказывают влияние:

* состав и свойства грунтов насыпи и ее основания;
* высота насыпи;
* температура вечномерзлых грунтов;
* характер растительного покрова;
* климатические условия;
* динамическое воздействие поездной нагрузки.

В разных климатических районах при одинаковых грунтах земляного полотна и основания и других равных условиях существенное влияние на режим вечномерзлых грунтов основания оказывает их температура.

1. Приведите классификацию подземных вод. Опишите разные фазовые состояния воды в породах, а также условия залегания и движения подземных вод

В горных породах наблюдается несколько видов воды, отличающихся по физическим свойствам. В инженерной геологии принята *классификация видов воды,* предложенная Лебедевым (1930), которая позднее была уточнена в соответствии с новыми представлениями о природе воды и строении ее молекул. Согласно этой классификации выделяют следующие виды воды:

1. парообразная;
2. физически связанная:

-гигроскопическая (прочносвязанная);

-пленочная (рыхлосвязанная);

1. капиллярная;
2. гравитационная (свободная);
3. вода в твердом состоянии;
4. химически связанная вода в минералах:

-кристаллизационная;

-конституционная.

*Пленочная вода.*

*Пленочная (рыхлосвязанная) вода.* Пленочная вода также удерживается на частицах горных пород молекулярными силами.

Пленочная вода вместе с прочносвязанной называется *молекулярной водой.*

Максимальное количество молекулярной воды, удерживаваемой породой, А.Ф. Лебедев назвал *максимальной молекулярная влагоемкостью.* Эта влагоемкость примерно соответствует влажности нижнего предела пластичности. Средняя толщина слои пленочной воды составляет 0,1-0,5 мкм. По мере увеличения толщины пленки действие молекулярных сил уменьшается. Поэтому внешние слои пленочной воды уже доступны для литании растений.

Наличие пленочной воды в горных породах заметно на глаз так как порода при этом приобретает более темную окраску. При соприкосновении частиц породы между собой пленочная вода перемещается от частиц с более толстыми пленками к частицам с более тонкими, пока толщина пленок у обеих частая не сравняется.

Температура замерзания пленочной воды составляет -3-\*- -4:С

Максимальное содержание пленочной воды, %, достигает:

в песках 1-7,

супесях 9-13

суглинках 15-23

глинах 25-40.

Пленочная вода оказывает влияние на процесс уплотнения и набухания глинистых грунтов. Известно, что для возведения земляных дамб и плотин широко применяются суглинки. Чтобы обеспечить необходимую прочность и минимальную водопроницаемость этих пород, их уплотняют катками, трамбующими мо ханизмами до получения заданной величины плотности скелета грунта — рд. На уплотнение затрачивается значительная работа.

Исследователями были определены оптимальные условия, соблюдение которых позволяет уменьшить затраты на уплотнение пород. Установлено, что вначале при увеличении влажности значение рд возрастает. При этом плотность пород становится наибольшей. Эта влажность получила название *оптимальная,* При дальнейшем увеличении влажности плотность пород уменьшается. При приближении влажности пород к величине молекулярной влагоемкости возрастает смазывающее влияние пленочной воды. Это лишь способствует уплотнению грунтов.

При увеличении влажности свыше значения максимально молекулярной влагоемкости вода заполняет уже значительную часть объема пор. И в этом случае вода, заполняющая поры грунтов, препятствует уплотнению. Без удаления некоторого количества воды из порового пространства под действием катка уплотнение может не произойти. Вода при этом играет роль механического препятствия, сопротивляясь уплотнению. Вместе с тем, малая прочность суглинков при высокой влажности приводит к их выдавливанию из-под катка. Оно проявляется в виде зыби. Поэтому уплотнение суглинков необходимо производить только при оптимальной влажности.

*Верховодка.*

*Верховодка* — это ненапорные подземные воды зоны аэрации, залегающие на небольшой глубине от поверхности Земли выше уровня грунтовых вод и имеющие ограниченное распространение.

Если в толще водопроницаемых пород залегает линзаводонепроницаемых пород, то проникающие сверху осадки, достигая линзы, задерживаются, скапливаются, образуя самостоятельный водоносный горизонт — верховодку. Верховодка обычно насыщает различные пористые породы. Она встречается также в верхней части коры выветривания скальных пород. Кроме того, верховодка распространена в районах многолетней мерзлоты, где она в зимнее время полностью перемерзает. Мощность пород, насыщенных верховодкой, обычно невелика (в среднем 14-1,0 м), местами она достигает 2-5 м.

Заметное влияние на формирование верховодки оказывает характер рельефа. Так на склонах, особенно крутых, где благоприятны условия для поверхностного стока и неудовлетворительны для инфильтрации, верховодка не формируется. Наилучшие условия для верховодки создаются на плоских водоразделах, особенно в понижениях микрорельефа (западинах, степных блюдцах и т.п.). На территориях больших городов образованию верховодки способствуют также многочисленные понижения, ямы, старые котлованы.

Ввиду незначительной мощности и распространения водоупорных линз верховодка образует лишь временное скопление воды, которое исчезает в засушливое время года. Поэтому вода верховодки используется лишь для водоснабжения отдельных хозяйств сельской местности или снабжения мелких предприятий.

Качество вод верховодки различно. В районах избыточного увлажнения они слабо минерализованы, в засушливых районах — сильно минерализованы. На территориях городов воды верховодки, вследствие неглубокого залегания от поверхности, сильно загрязняются.

При строительных работах воды верховодки являются неблагоприятным фактором и для устранения вредного влияния верховодки применяется дренаж-осушение.

При инженерно-геологических изысканиях следует учитывать следующие особенности:

1)верховодка может образовываться даже при отсутствии в зоне аэрации каких-либо водоупорных пропластков, например, когда в толщу суглинков обильно поступает вода, но из-за их низкой водопроницаемости просачивание происходит замедленно и в верхней части толщи может образоваться верховодка, которая затем, через некоторое время, рассасывается;

2)в сухое время года верховодка не всегда обнаруживается при изысканиях, поэтому, чтобы предотвратить ее внезапное появление в период строительства, следует выполнять вероятностный инженерно-геологический прогноз ее появления, в том числе, с привлечением методов имитационного моделирования особенно на просадочных (лессовых, протаивающих многолетнемерзлых) и набухающих глинистых грунтах.

1. Сформулируйте основной закон фильтрации подземных вод. Опишите методы определения коэффициента фильтрации и расхода плоского потока подземных вод. Назовите требования к питьевой воде. Объясните причины агрессивности воды к бетону и металлу

*Линейный закон фильтрации.*

Движение подземных вод в пористых породах (пески, супеси, суглинки) неглубокого залегания имеет параллельно-струйчатый или ламинарный характер, т.е. без разрывов и пульсации, [плавным изменением скорости и подчиняется закону Дарси, экспериментально установленному им в 1856 г. I *Основной закон фильтрации* — закон Дарси выражается формулой:

Q=KфF= KфFi,



где Q—расход воды (количество фильтрующейся воды в единицу

времени), м3/сут;

Kф— постоянная величина для данной породы, характеризующая ее водопроницаемость; эта величина называется *коэффициентом фильтрации,* м/сут;

F— площадь поперечного сечения потока, м2;

ΔH — разность уровней в двух рассматриваемых сечениях, м;

l — длина пути фильтрации, м;

i — гидравлический уклон.

Разделив обе части уравнения на Fи назвав — *скоростью фильтрации V,* м/сут, получим:



V=Кфi.

Это уравнение показывает, что по линейному закону скорость фильтрации прямо пропорциональна гидравлическому градиенту.

Если принять i = 1, то получим V=Кф, т.е. при гидравлически градиенте, равном единице, коэффициент фильтрации численно равен скорости фильтрации.

Формула позволяет определить так называемую *кажущуюся скорость фильтрации.* Так как вода течет лишь через часа сечения F*,* равную площади пор и трещин породы, то для определения *действительной скорости фильтрации* V*,* м/сут, следует учесть пористость *п,* выраженную в долях единицы и корректировать расчет: для песков и крупнообломочных пород Vд*=*V/n;для глинистых —

Vд*=*V/nакт,

где nакт — актив пористость в долях единицы.

*Нелинейный закон фильтрации.*

В крупнообломочных, сильно трещиноватых скальных породах неглубокого залегания при наличии крупных пустот трещин значительной протяженности движение водного потока имеет вихревой или турбулентный вид. Оно характеризуем вихреобразностыо, пульсацией и перемешиванием отдельных струй воды.

*Нелинейный закон фильтрации* выражается форм>~: А.А. Краснопольского:

V=Kк ,



где *Кк* —коэффициент, определяемый опытным путем в поле, м/сут;

i— гидравлический уклон.

*Методы определения коэффициента фильтрации.*

К основным фильтрационным параметрам пород относят коэффициент фильтрации, а также коэффициенты водопроводимости, пьезопроводности и уровнепроводности.

Во всех уравнениях определения движения подземных вод основной расчетной величиной, количественно характеризующей фильтрационные свойства пород, является *коэффициент фильтрации* Кфм/сут. На его величину, а следовательно, и на пень водопроницаемости рыхлых пород оказывают влияние:

диаметр пор — с уменьшением диаметра пор уменьшается коэффициент фильтрации;

количество глинистых частиц — с увеличением количества глинистых частиц, особенно монтмориллонита, Кфуменьшается;

характер обменных катионов — при наличии двухвалентных катионов (Са2+, Мg2+) водопроницаемость и Кф возрастают, а в присутствии одновалентных катионов (Nа+, К+) — уменьшаются. Влияние Nа+, уменьшающее Кфсуглинков в десятки и сотни раз, используется на практике для сокращения потерь воды из водохранилищ.

*Определение коэффициента фильтрации методом инфилътрации* *из шурфа.* Существует несколько способов для выполнения этой работы (методы А.К. Болдырева, Н.С. Нестерова, Н.К.Гиринского, Н.Н. Веригина, Н.Н. Биндемана и др.). Наиболее простым является метод А.К. Болдырева. Он применяется для определения Кф*в* грунтах, не насыщенных водой. Метод заключается в следующем. В сухом грунте вырывается шурф, не доходящий до уровня грунтовых вод. Из градуированных судов, поставленных у бровки шурфа, по трубке наливается вода на дно шурфа так, чтобы уровень воды в приямке на дне шурфа оставался все время постоянным - около 10 см. Для наблюдения за уровнем воды на дне шурфа устанавливается рейка. Через каждые 10-30 мин ведут замеры расхода воды на фильтрацию по шкалам сосудов. Опыт проводят до стабилизации расхода воды (в песках 10-20 ч, в суглинках 24-48 ч).

Определив значение установившегося (стабилизировавшаяся) расхода Qуст, м3/сут, и разделив его на площадь дна шурфа F*,* м2,получают среднюю скорость инфильтрации из шурфа м/сут, равную

Vуст =.



Коэффициент фильтрации определяется еще и следующий методами: 1) полевыми работами - откачками; 2) лаборатории ми методами с использованием специальных приборов; 3) эмпирическим формулам.

Определение коэффициента фильтрации откачкой воды из скважин.Определения *Кф* откачкой воды из скважин дают наиболее точные данные для расчета коэффициента фильтрации. Откачки разделяются на *откачки из одиночных скважин* и *кустовые.I Откачка из одиночной скважины* позволяет предварительно Вшить водообильность изучаемых пород. Произвести точный расчет коэффициента фильтрации по данным откачек из одной скважины нельзя, т.к. неизвестна величина радиуса влияния, следующий пункт входящая в расчетные формулы. *Кустовые откачки* проводятся на специально выбритых опытных участках при глубине залегания водоносного горизонта не более 100 м. Опытный куст состоит из центральнной (опытной) скважины и ряда наблюдательных, располагаемых по одному или нескольких лучам в случае неоднородности водоносного пласта. При четырех лучевой системе расположения скважин один луч проводится о направление потока подземных вод, второй — против направления потока подземных вод третий и четвертый — в направлениях, перпендикулярных к ним. При двухлучевой системе применяются один или два луча, состоящие из двух-трех наблюдательных скважин. Один из лучей проводится вниз по течению подземных вод, второй перпендикулярно направлению потока, Расстояние наблюдательных скважин от центральной рекомендуется применять равным 5; 10; 20; 40; 80 м.

*Оценка качества питьевой воды.* При оценке подземных вод водоснабжения пользуются ГОСТами. В этой связи питьевая вода должна быть бесцветной, прозрачной, иметь температуру от 4 до 15°С, не иметь неприятного вкуса и запаха, не содержать болезнетворных бактерий и солей тяжелых металлов. Сухой остаток в воде не должен превышать 1 г/л. жесткость должна быть менее 7 мг-экв/л. Совершенно не допускается в питьевой воде присутствие аммиака и азотистой кислоты, указывающих на фекальную загрязненность. Питьевая вода может содержать не более 0,1 мг/л свинца, 0,05 мг/л мышьяка, 1,5 мг/л фтора, 3 мг/л меди, 5 мг/л цинка, 1 мг/л железа 0,6 мг/л урана, 0,005 мг/л ртути. В воде не должны присутствовать болезнетворные бактерии брюшного тифа, холеры и другая недопустимая патогенная флора. Бактериальное загрязнение оценивается по «коли-титру», который должен быть не менее 300 мл и «коли-индексу», который должен быть не более 3.

Оценка качества технической воды.Вода, предназначен для промышленных целей, должна быть прозрачной, без запаха и мягкой. Вода для питания котлов должна иметь сухой остаток не более 0,3 г/л, содержать хлора мене 200 мг/л, жесткость должна быть не более 3 мг-экв/л.

Агрессивность подземных вод по отношению к бетону*.* Бетонные сооружения, находясь в соприкосновении с подземными или поверхностными водами, часто разрушаются некоторые химическими соединениями, содержащимися в воде. Это разрешающее действие естественных вод называется агрессивной способностьо вод*.* В целях увеличения срока службы сооружений необходимо определить степень агрессивности воды.

Сульфатная агрессивность.При повышенном содержании сульфатов происходит кристаллизация в бетоне гипса Са5О4-2Н2О с увеличением объема в 2 раза и образование «цементной бациллы», с увеличенная объема в 2,5 раза. Все это приводит к разрушению бетона.

Магнезиальная агрессивностьведет к разрушению бетона при проникновении в тело бетона воды с повышенным содержанием. При содержании иона более 2000 мг/л вода агрессивна по отношению к бетонным сооружениям в песчаных породах, а при содержании иона свыше 5000 мг/л вода становится агрессивной в суглинках,

Карбонатная (углекислая) агрессивностьпроявляется преимущественно в песчаных породах. Карбонатная агрессия возникает [результате действия агрессивной углекислоты СО2. В процессе взаимодействия с водой из цемента выделяется свободная известь С03, которая реагирует со свободной углекислотой СО2 Реакция идет по схеме:

СаС03 + СО2'+ Н20 = Са (НСО3)2

Образующийся бикарбонат кальция является растворимым и легко выносится из бетона. Максимальным содержанием агрессивен СО7 является 3 мг/л, при менее опасных породах — 8,3 мг/л.

Кислородная агрессивностьвызывается содержащимся в воде кислородом и проявляется преимущественно по отношению к металлическим конструкциям.

При совместном присутствии кислорода с углекислотой агрессивное действие кислорода повышается.

1. Опишите методы инженерно- геологических исследований

Аэрокосмический мониторингсостояния геотехнических систем выполняется по схеме: кадастр - динамика - при рекомендации по инженерной защите - разработка технологии инженерной защиты на всех стадиях создав функционирования сооружений.

Разработанные в НПЦ технологии включают в себя: зональную аэрофотосъемку, тепловую инфракрасную, спектральную аэрофотосъемку, перспективную аэрофотосъёмку с использованием материалов космической фотосъёмки выполнением наземных экспедиционных исследований, грамметрическая, оптико-электронная и тематическая обра! материалов съемок позволяют изготавливать кадастровые намические и прогнозно-оценочные картографические и за вые модели состояния геотехнических систем с назначением мероприятий по инженерной защите сооружений и окружая среды.

В НПЦ «Аэроизыскания» применяется современная апаратура: многозональная аэрофотосъемочная камера МСК-4 гозональный синтезирующий проектор МСП-4, аппаратура для фотограмметрической обработки и прессования изображений ППА-Б, стереокомпараторы, стереомграфы, комплекс цифровой обработки изображений С 106 ОС и другие.