

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет транспорта»  
Факультет «Промышленное и гражданское строительство»  
Кафедра «Строительные конструкции, основания и фундаменты»

СОГЛАСОВАНО  
Заведующий кафедрой  
«Строительные конструкции,  
основания и фундаменты»  
  
В.В. Талецкий  
« 17 » 01 2017 г.

СОГЛАСОВАНО  
Декан факультета «Промышленное  
и гражданское строительство»  
  
А.Г.Ташкинов  
« 06 » 06 2017 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

**«ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ»**

для специальности

**1-70 01 01 «Производство строительных изделий и конструкций»**

Составитель:  
Беспалова Марина Вячеславовна, старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции, основания и фундаменты» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»

Рассмотрено и утверждено  
на заседании кафедры «17» января 2017 г.  
протокол № 1

Рассмотрено и утверждено  
на заседании совета  
факультета ПГС «07» 06 2017 г.  
протокол № 6

## 2 СПИСОК РЕЦЕНЗЕНТОВ

**Г.А. Литвин** – ведущий геолог ОАО «Гомельгеосервис»

**Е.Ю. Трацевская** – доцент кафедры «Геология и география» учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины» канд. геол.-минер. наук

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Пояснительная записка.....	4
1 Теоретический раздел.....	6
1.1 Конспект лекций по темам программы.....	7
1.2 Перечень презентаций.....	55
1.3 Основная и дополнительная литература.....	57
1.4 Учебно-методическая литература.....	58
2 Практический раздел.....	59
2.1 Содержание лабораторных работ.....	60
2.2 Примеры оформления графической части лабораторных работ....	62
3 Раздел контроля знаний.....	63
3.1 Перечень вопросов к экзамену.....	64
3.2 Перечень вопросов для промежуточного контроля знаний по те- мам.....	66
3.3 Критерии оценки уровня знаний студентов.....	80
4 Вспомогательный раздел.....	87
4.1 Учебная программа по дисциплине.....	

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**Краткая характеристика.** Учебно-методический комплекс по учебной дисциплине (далее УМКД) – совокупность нормативно-методических документов и учебно-программных материалов, обеспечивающих реализацию дисциплины в образовательном процессе и способствующих эффективному освоению студентами учебного материала, а также учебные задания для тренинга, средства контроля знаний и умений обучающихся.

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Инженерная геология» как часть образовательной программы является совокупностью учебно-методических материалов, способствующих эффективному освоению знаний о Земле основанных на базе современных достижений геологической науки студентами факультета ПГС. Использование в учебном процессе учебно-методический комплекс по дисциплине нацелены на формирование у студентов научного подхода к изучению окружающего мира. При этом особое внимание уделяется на развитие студентами навыков логично мыслить, четко излагать свои суждения по проблемным вопросам, опираясь на фактический материал, осмысление сути геологических процессов и явлений.

#### **Требования, которые учитывались при разработке УМКД**

Целью дисциплины является изучение истории формирования земной коры; влияние экзогенных и эндогенных процессов, происходящих в земной коре на народно-хозяйственную деятельность человека; грунтов оснований, встречающихся на территории Республики Беларусь и возможность их рационального использования в народном хозяйстве.

Задачи дисциплины:

1. Ознакомить студентов с основными минералами и горными породами, встречающимися как в Беларуси, так и в мире, и применяемыми в строительной отрасли.

2. Изучить геологические процессы, происходящие на поверхности Земли и в ее толще, а также влияние этих процессов на строительные конструкции, фундаменты и подземные сооружения.

3. Ознакомить студентов с методами и методиками инженерно-геологических исследований и применяемым современным оборудованием.

4. Научить студентов читать и строить инженерно-геологические колонки и разрезы для дальнейшего проектирования карьеров и котлованов добычи ископаемых, обеспечивающих экономическую и рациональную добычу природных ресурсов.

5. Научить студентов основам рационального природопользования и проектирования добычи природных ресурсов в целях обеспечения устойчивого и инновационного развития экономики Республики Беларусь.

В теоретической части курса даются представления о происхождении и строении земли, структуре земной коры, истории образования и развития

континентов и океанов, эволюции геологической среды, происхождении и эволюции жизни, физике и химии природных процессов и явлений.

Практическая часть курса ориентирована на обретение студентами навыков самостоятельного определения наиболее распространенных минералов и горных пород, а также работы с основными геологическими документами (картами, разрезами, стратиграфическими колонками).

Объем знаний и навыков, получаемый студентами в процессе изучения данного курса определяется следующими требованиями. Студент после прохождения дисциплины «Инженерная геология» должен знать: классификацию горных пород и минералов; методы исследования горных пород и минералов; классификацию подземных вод и виды агрессивности; процессы, влияющие на устойчивость зданий и сооружений; принципы оценки сложности геологических условий на участках строительства или разработки месторождений строительных материалов.

Студент должен уметь:

- различать и классифицировать основные горные породы и минералы;
- классифицировать подземные воды и виды агрессивности их по отношению к бетону;

- узнавать и оценивать главнейшие природные процессы, а также процессы, возникающие в природной среде при строительстве гидротехнических сооружений; их опасность, скорости развития; принимать оперативные решения по борьбе с ними;

- читать геологические, гидрогеологические и инженерно-геологические карты, разрезы и другие документы с характеристиками природной среды;

- устанавливать запасы месторождений и условия его разработки;

При создании УМК по дисциплине «Инженерная геология» использовались следующие нормативные документы:

- Положение об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденным постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 26.07.2011 № 167;

- Положение об учебно-методическом комплексе специальности (направлению специальности) и дисциплины на уровне высшего образования учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» от 24.10.2013 № П-49-2013;

- Образовательным стандартом ОСВО 1-70 01 01-2013 по специальности «Производство строительных изделий и конструкций»;

- Учебная программа по дисциплине «Инженерная геология» от 02.07.2015 № УД-24.52/уч.

# **1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

## 1.1 Конспект лекций по темам

**Тема 1. Основы общей геологии, минералогии, петрографии и инженерного грунтоведения (строение Земли и основные её свойства; геохронология и структурная геология; грунты Беларуси и их свойства)**

*Инженерная геология* – наука, которая связывает с геологической историей района строительные свойства грунтов.

Решает следующие задачи:

- обоснование выбора площадки.
- геологическое строение площадки,
- строительные свойства грунтов (пород),.
- гидрогеологические условия,
- процессы внутренней динамики в районе и на площадке,
- процессы внешней динамики,
- влияние сооружения на окружающую среду.

Имеет свою терминологию и может предсказать дальнейшие изменения строительных свойств пород с течением времени.

Длительное историческое время проблемы геотехники решались эмпирическим путём. Первые строительные нормы были изданы египетским царём Хаммурапи. В древности или выбирали хорошие площадки (пирамиды на скале) или укрепляли основание (Вавилон).

С развитием промышленного капитализма появилась необходимость осваивать новые площадки (металлургические заводы располагались обычно у реки). Новые площадки ставили новые задачи. Начались поиски методов расчёта. Впервые решили эту задачу на основе количественных оценок у нас М.Н. Герсеванов, за рубежом – К. Терцаги. Произошло это в тридцатые годы прошлого века.

С созданием механики грунтов в геотехнику вошли строгие количественные методы. Однако надежда на то, что механика грунтов станет такой же строгой наукой, как строительная механика, не оправдалась. Объясняется это следующим:

- никогда не знаем механических свойств грунтов с необходимой полнотой, и знаем их тем хуже, чем сложнее геология. Вот почему введены нормы на изыскательские работы – меньше нельзя. Нужно иметь много образцов, которые следует обрабатывать статистическими методами (Д.Е. Польшин).

- неоднородность свойств грунтов и нелинейность их зависимости от нагрузок, что создаёт определённые математические трудности и заставляет в результате упрощений получать и применять грубо приближённые формулы.

- невозможность определения и учёта начальных напряжений .

- сложность прогноза изменения строительных свойств грунтов в процессе эксплуатации сооружения.

Направления развития

Развиваются новые для инженерной геологии области:

- разработка грунтов механизмами – сопротивление грунтов резанию.

- влияние сильных (военных) взрывов на различные грунты – необходимо знать сопротивление различных грунтов действию зарядов различной величины.

- область искусственного изменения свойств грунтов – наука особая «геотехнология».

Любое сооружение опирается на грунт или выполнено из грунта. Его конструкция и долговечность в значительной мере определяются строением верхнего слоя земной коры и происходящими в нём процессами. С другой стороны, строительная деятельность человека, преобразовывая окружающую природу, оказывает серьёзное влияние на геологическую обстановку, и, следовательно, на условия существования сооружения (закон взаимодействия).

Отличие грунтов от других строительных материалов состоит в том, что, например, в отличие от бетона, с течением времени прочность грунтов в откосах и склонах понижается в 2-2,5 раза.

Оценка окружающей обстановки и история образования грунтов показывают, что можно ожидать на различных площадках. В грунтах инженера интересуют строительные свойства.

Со свойствами грунтов и с инженерно-геологической обстановкой строителям приходится встречаться в разных отношениях.

Так, для фундаментов сооружений и их оснований решающее значение имеют прочность и сжимаемость.

Для железных дорог большое значение оказывают процессы промерзания, оттаивания грунтов и атмосферные воды.

Для мостов добавляется сопротивление грунтов размыву речным потоком.

Для тоннелей - определение давления грунта на обделку.

Для подпорных стен – удержание грунтов от оползания.

Для корректировки решений механики грунтов приходится прибегать к качественной оценке геотехнических условий, исходя из знания того, как различные геологические процессы и явления отражаются на свойствах грунтов.

Форма Земли близка к шару, сплюснутому у полюсов (к этому выводу пришли французские ученые 17 века). Такую форму называют сфероидом. В связи с тем, что земная поверхность усложнена глубокими океаническими впадинами и высокими горными системами, эту истинную, присущую только Земле форму, назвали **геоидом**. Таким образом, **геоид** («землеподобный») - воображаемая уровенная поверхность, совпадающая с уровнем воды в Мировом океане, и характеризующаяся тем, что направление силы тяжести к ней всюду перпендикулярно.

**Средняя плотность** Земли  $5,52 \text{ г/см}^3$ . Плотность земной коры, слагающей верхнюю часть нашей планеты, не превышает  $2,7 \text{ г/см}^3$ .

**Теплота Земли** обуславливается двумя источниками тепловой энергии: внешним – солнечной радиацией и внутренним – представляющим собой энергию, освобождаемую в результате радиоактивного и химического распада веществ в недрах планеты и других процессов.

**Магнитность** – Земля представляет собой могучий магнит с хорошо выраженной магнитной осью и двумя полюсами — южным и северным.



Земная кора	Слои	Плотность	Мощность слоя
	осадочные породы	2,4-2,5 г/см <sup>3</sup>	5 м ÷ 30 км
	гранитно-метаморфические	2,7-2,8 г/см <sup>3</sup>	10 ÷ 40 км
	базальтовые	2,9-3,0 г/см <sup>3</sup>	–

**Биосфера.** Особая сфера Земли, населенная организмами; охватывает часть воздушной оболочки, гидросферу и поверхностные слои земной коры на глубину до 3 км.

Кроме перечисленных оболочек выделяют:

**Литосфера** – твердая оболочка Земли, включающая земную кору и верхнюю часть мантии (до глубины 50-100 км)

**Астеносфера** – слой повышенной пластичности вещества (близкий к точке плавления), который расположен внутри мантии на глубине от 100-250 до 400 км под континентами и на глубине от 50-100 до 400 км под океанами.

Характеристика внутренних слоев

Наименование слоя		Состояние	Плотность
Ядро	Внутреннее	Твердое	12,5-13,0 г/см <sup>3</sup>
	Внешнее	Жидкое	верхняя граница 9,7-10,0 г/см <sup>3</sup> нижняя граница 11,0-11,5 г/см <sup>3</sup>
Мантия	Нижняя	Твердое	5,5-5,7 г/см <sup>3</sup> Нижняя граница слоя
	Средняя	Твердое	
	Верхняя	Жидкое	3,3-3,4 г/см <sup>3</sup> Верхняя граница слоя

**Минерал** – природное тело, однородное по химическому составу и физическим свойствам, образующиеся в результате физико-химических процессов в глубинах и на поверхности Земли.

Наука о минералах, их составе, строении, свойствах, условиях образования и изменения, называется **минералогия**. (“*minera*” – лат. – руда, рудник, рудная жила)

Основными физическими свойствами минералов являются: цвет, цвет черты (цвет минерала в порошке), блеск, твердость, плотность, спайность, излом и некоторые другие.

Ряду минералов присущи особые, только им характерные свойства: магнитность, реакция с соляной кислотой, вкус, запах и др.

Для того чтобы распознать минералы по внешним признакам и определить приблизительно их состав, надо знать **физические свойства** каждого минерала.

**Цвет.** Практически цвет минерала определяют на глаз, давая общепризнанные названия окраски или сравнивая с хорошо знакомыми предметами (соломенно-желтый, кирпично-красный).

**Цвет черты (цвет минерала в порошке).** Многие минералы в растертом состоянии имеют другой цвет, чем в монолите. Порошок можно получить, проводя образцом минерала черту на белой шероховатой фарфоровой пластинке, при

условии, что твердость его меньше твердости фарфора (если твердость минерала выше твердости фарфора, то минерал образует на фарфоре царапину). Например, гематит, лимонит и магнетит в монолитах часто имеют одинаковый цвет, а цвет черты – красновато-бурый, желтовато-коричневый и черный соответственно.

**Блеск** является результатом отражения света от поверхности минерала. Различают минералы с металлическим и неметаллическим блеском. Иногда выделяют еще металлоидный блеск.

*Металлический* блеск, напоминающий блеск поверхности металла, имеют минералы, дающие в большинстве случаев черную черту (самородные металлы – золото, серебро, платина; сульфиды – пирит, галенит, сфалерит).

*Металлоидный (или полуметаллический)* блеск характерен для минералов, поверхность которых имеет вид потускневшего металла (графит, гематит).

*Неметаллический* блеск свойствен подавляющей части всех известных минералов. Среди неметаллических блесков обычно различают: а) стеклянный (кварц, кальцит, гипс); б) жирный – как бы смазанный маслом (нефелин); в) перламутровый (слюда, тальк); г) шелковистый – при тонковолокнистом строении (асбест, тремолит); д) алмазный (галенит, сфалерит); е) матовый – практически не блестит, часто с пористой, неровной поверхностью (каолинит);

**Прозрачность** – способность минерала пропускать свет. По прозрачности минералы подразделяют: а) на прозрачный (горный хрусталь, топаз); б) полупрозрачный (халцедон, опал); в) просвечивающий – пропускающий свет лишь в очень тонких пластинах (полевые шпаты, нефрит); г) непрозрачный (пирит, магнетит).

**Излом** – вид поверхности, образующейся при раскалывании минерала. Излом может быть: а) *раковистый* – имеющий вид вогнутой и концентрически-волнистой поверхности, напоминающий поверхность раковин (кварц); б) *занозистый* – с поверхностью, покрытой ориентированными в одном направлении «занозами» (гипс, роговая обманка); в) *неровный* (нефелин, берилл); г) *землистый* – с матовой шероховатой поверхностью (каолинит, лимонит); д) *зернистый* – встречающийся часто у минеральных агрегатов.

**Спайность** – способность минералов раскалываться по блестящим параллельным плоскостям по определенным кристаллографическим направлениям. Не следует путать плоскости спайности с природными гранями кристаллов. Виды спайности: а) *весьма совершенная* – минерал очень легко (ногтем) расщепляется на отдельные тончайшие пластинки, образуя зеркально-блестящие плоскости спайности (слюда, гипс); б) *совершенная* – минерал раскалывается при слабом ударе молотком на гладкие параллельные пластинки, кубы или другие формы (галит, кальцит, полевой шпат); в) *средняя* – образует по плоскости спайности при расколе неровный угол (апатит); г) *несовершенная* – обнаруживается с трудом, при расколе образуется поверхность с неправильным изломом (оливин); д) *весьма несовершенная* – не обладает спайностью (кварц, золото).

**Твердость** – степень сопротивляемости минерала внешним механическим воздействиям (царапанию, резанию). Для определения твердости принята шкала Мооса, в которой используются минералы с известной и постоянной твердостью.

**Плотность** минералов колеблется в широких пределах: от значений примерно равных единице до  $23,0 \text{ г/см}^3$ . Плотность зависит от химического состава и структуры минералов. Подавляющая масса минералов имеет плотность от 2,5 до  $3,5 \text{ г/см}^3$ .

Минералы классифицируются по хим.составу на 8 классов:

*I. Самородные элементы.* Они составляют менее 0,1 % массы земной коры. В целом самородные элементы делятся на металлы: серебро, золото, медь, платиноиды, ирридий, осмий, рублидий, палладий; и неметаллы: сера, графит, алмаз, висмут.

*II Сульфиды* (соли сероводородной кислоты) – основной представитель пирит, имеет большую плотность  $5,2 \text{ г/см}^3$ , является вредной примесью к строительным материалам. Так, если он входит в состав мрамора, то при выветривании на поверхности последнего образуются бурые пятна, которые быстро выкрашиваются. Пирит – основное сырье для производства серной кислоты.

*III Оксиды, гидроксиды:* самый распространенный – кварц, другие представители – опал, халцедон, лимонит, корунд (разноводности: красный – рубин, синий – сапфир, темный – наждак).

*IV Силикаты* - наиболее распространенный класс, по весу составляет около 75 % земной коры. Представители – оловин, пироксен, тальк, слюда, полевые шпаты, топаз.

*V Фосфаты* – соли фосфорной кислоты. Представители – апатит, широко распространенный минерал, встречается в большинстве типов горных пород.

*VI Сульфаты* – соли серной кислоты. Представители – гипс, ангидрит, барит.

*VII Карбонаты* – соли угольной кислоты. Представители – кальцит, магнезит, доломит, малахит.

*VIII Галоиды* – соли соляной, фтористоводородной, бромистоводородной и др. кислот. По окраске эти минералы светлые, многие из них растворяются в воде. Представители – галит или поваренная соль, сильвин.

Наука, изучающая горные породы (их происхождение, вещественный состав, структуру и текстуру и условия залегания), именуется петрографией (петра - гр - скала, утес, камень). Горная порода – это плотные или рыхлые агрегаты, слагающие земную кору и состоящие из однородных или различных минералов, а также обломков других пород. Образуются в результате геологических процессов внутри земной коры или на ее поверхности.

В составе горной породы различают главные породообразующие минералы (в сумме составляющие 95 % объема породы) и второстепенные, слагающие менее 5 % горной породы.

Внутреннее строение горных пород характеризуется структурой и текстурой.

Структура – особенность внутреннего строения горных пород, связанная со степенью ее кристалличности, размерами минеральных зерен, слагающих породу, их формой.

Текстура – особенность внешнего строения горных пород, размещения минеральных зерен, их ориентировкой и окраской.

**По своему происхождению горные породы делятся на три генетические группы: магматические, осадочные и метаморфические.**

**Магматические** – горные породы, образовавшиеся в результате остывания огненно-жидкого силикатного расплава – магмы в недрах Земли и на ее поверхности.

Классифицируются:

А) в зависимости от условий образования на:

- глубинные (интрузивные) – гранит, габбро
- излившиеся (эффузивные) – пемза, базальт

Б) содержания двуокиси кремния  $\text{SiO}_2$  или химсостава

1. содержание двуокиси кремния менее 42 % – ультраосновная (дунит, кимберлит)
2.  $42 \% < \text{SiO}_2 < 52 \%$  – основная (габбро, базальт)
3.  $52 \% < \text{SiO}_2 < 65 \%$  – средняя (сиенит, андезит)
4. более 65 % кислая (гранит, пемза)

**Формы залегания** магматических горных пород по способу их образования разделяют на *интрузивные* (батолиты, лакколиты, лополиты, штоки, жилы) и *эффузивные* (купола, потоки, покровы).

1. **Батолиты** – крупное секущее интрузивное тело овальной или округлой формы размером от сотен до тысяч квадратных км.

2. **Лакколиты** – грибообразное интрузивное тело, образующееся в результате внедрения магмы между слоями вмещающих пород, при котором вышележащие слои приподнимаются.

3. **Лополиты** – крупное линзовидное интрузивное тело, вогнутое в центральной части наподобие блюдца или чаши.

4. **Штоки** – неправильное крутопадающее более или менее изометричное в плане интрузивное тело.

5. **Жилы** – плитообразное тело, образовавшееся в результате выполнения трещинной полости жильной породой или метасоматического замещения горных пород вдоль трещин минеральными веществами.

6. **Купола** – сводообразное залегание магматических горных пород, которые образовались в результате периодической деятельности вулканов и имеют характер напластований.

7. **Потоки** – массивы эффузивных горных пород, которые образовались в результате излияния магмы на поверхность земли. Длина потоков больше ширины.

8. **Покровы** – массивы эффузивных горных пород, которые образовались в результате излияния магмы на поверхность земли. Длина и ширины потоков соразмерны.

**Осадочными** считаются породы, возникшие в условиях поверхностной температуры и давления из продуктов разрушения любых пород, выпавших в осадок на поверхности Земли или на дне моря.

Подразделяются по происхождению на обломочные (песок, глина, конгломерат), органогенные (мел, известняк), хемогенные (ангидрит, гипс) и смешанные (мергель)

*Обломочные породы* – произошли в результате дробления более крупных массивов или цементации окатанных и неокатанные обломков

Обломочные породы классифицируются по: величине зерен (крупнообломочные, песчаные, глинистые, пылеватые); степени окатанности (форм зерен) (окатанные, неокатанные); степени сцементированности (сцементированные, несцементированные).

По величине зерен различают грубообломочную (псефитовую), песчаную (псаммитовую), пылеватую (алевроитовую) и глинистую (пелитовую) структуры. Для пород смешанного состава, типа валунного суглинка (морены), выделяют смешанные структуры.

*Химические породы (хемогенные)* образуются как химические осадки (соли) в замкнутых бассейнах, мелководьях, морских заливах и соленых озерах (каменная соль, гипс, ангидрит, известняки)

*Органические (органогенные)* формируются в результате жизни и деятельности живых организмов (известняки, мел, опока, трепел).

*Породы смешанного происхождения.* Довольно широко распространены у поверхности земли. Образуется частично из органогенного или обломочного материала, а частично из органогенного или хемогенного материала. Наиболее распространенной породой является мергель. Он состоит из глины и углекислого кальция (до 20–80 %  $\text{CaCO}_3$ ). При меньшем содержании кальция порода называется известковой или мергелистой глиной, а при большем – глинистым известняком. Мергель – основное сырье для изготовления порландцемента.

Метаморфические – породы, образующиеся в земной коре из осадочных и магматических пород под воздействием значительного давления, высоких температур и химически активных веществ (газов и растворов). Например, органогенный пористый известняк превращается в мрамор, рыхлый песок – кристаллический кварцит, глины – в сланцы.

#### Типы метаморфизма

1. Контактный (на контакте интрузии с боковыми породами)
2. Гидротермальный (при воздействии горячих вод на породы, слагающие стенки трещин, по которым вода перемещается)
3. Динамометаморфизм (в результате огромных давлений, возникающих на глубине)
4. Региональный (при участии всех этих факторов на огромных пространствах (на глубине 8 км))

#### Классифицируются по текстуре

1. Массивные (кварцит, мрамор);
2. Полосчатая (гнейсы, сланцы)

Наука, изучающая историю развития Земли, – **называется исторической геологией.**

Основная задача исторической геологии – восстановление последовательного хода развития земной коры и жизни на ней, и последовательности образования различных горных пород.

Основные методы определения относительного возраста пород

1. Стратиграфический метод
2. Палеонтологический метод

*Стратиграфический метод*: Осадочные горные породы, слагающие земную кору, расположены слоями один над другим; чем глубже залегает слой, тем он древнее.

*Палеонтологический метод*: Каждому пласту горной породы или их группе соответствуют определенные окаменелости.

Недостатки методов: невозможность определения возраста древнейших напластований и возраста магматических горных пород.

**Абсолютный возраст** горных пород определяется посредством изучения процессов радиоактивного распада некоторых элементов (уран, торий, калий, углерод).

Методы определения абсолютного возраста горных пород:

1. **Свинцовый** – Минерал уранит (закись урана) в процессе радиоактивного распада превращается в гелий и свинец; гелий в значительной мере улетучивается, а нерадиоактивный свинец накапливается. Скорость образования свинца из урана известна; произведя химический анализ уранита и установив в нем содержание урана и свинца, по соотношению количества совместно находящегося исходного урана и свинца определяют возраст вмещающей их пород.

2. **Аргоновый** – основан на том, что изотоп калия с атомным весом 40 в результате радиоактивного распада переходит в газ аргон с тем же атомным весом. Определяя содержание изотопа аргона и калия устанавливают возраст горной породы, включающей калиевые минералы.

3. **Углеродный метод** – в атмосфере имеются радиоактивные изотопы углерода, образующиеся под воздействием космических лучей. Растения в процессе своей жизнедеятельности поглощают из атмосферы вместе с углекислотой и радиоактивный углерод. По соотношению в ископаемых растительных остатках количества радиоактивного и неактивного углерода определяется время отмирания растений, а следовательно и возраст горной породы.

Геологическая история Земли разделяется на ряд отрезков времени, для каждого из которых характерно образование определенных комплексов пород. Это и позволило составить **геохронологическую и стратиграфическую шкалу**.

Возраст земной коры (литосферы) определяется 3–4 млрд. лет. Земля же как планета имеет возраст порядка 5–7 млрд. лет. Данная шкала уточняется. Цифры абсолютного возраста помогают достовернее составлять геологические карты и более обоснованно устанавливать закономерности развития земной коры, что в свою очередь дает возможность точнее определять закономерности распространения полезных ископаемых.

Определение возраста горных пород при инженерно-геологических исследованиях имеет существенное значение. Породы, образовавшиеся в одно и то же время и в одинаковых условиях, обычно обладают и одинаковыми строительными свойствами. Сведения об условиях строительства и эксплуатации каких-либо сооружений, в основании которых залегают породы определенного возраста и со-

става можно использовать при проектировании и строительстве новых объектов в других районах, где залегают породы того же возраста и состава, не проводя всего комплекса инженерно-геологических исследований.

**Тектоника** – отрасль геологии, изучающая движение и деформацию земной коры и особенности ее строения – так называемые геологические структуры, которые этим движением и деформацией создаются.

Осадочные породы, накапливаясь в морях, озерах и на поверхности континентов, образуют более или менее горизонтальные слои, или **пласты**. В результате тектонических движений они изменяют свое начальное горизонтальное положение, приобретая новую, более сложную ориентировку в пространстве. При этом пласты могут изгибаться, образовывать различные складки или перемещаться с разрывами сплошности. Подобные измененные формы залегания пластов носят название **дислокации** (франц – перемещение).

На горные породы действуют:

1. вертикальные силы – сила тяжести вышележащих толщ
2. горизонтальные силы – движение коровых плит.

Эти силы создают в породах напряжения, т.е. упругие и неупругие деформации.

Тектонические движения подразделяются на:

1. Колебательные – медленные вертикальные перемещения (поднятие и опускание) отдельных участков земной коры
2. Складчатые – более интенсивные, проявляющиеся в подвижных, более ограниченных по площади зонах земной коры.

Основной формой нарушения являются **складки** – волнообразные изгибы пластов осадочных пород, которые обычно встречаются в природе группами и тянутся нередко на десятки и сотни километров.

Основные формы складок:

Антиклиналь – выпуклая складка, в центральной части которой – ядре – расположены более древние породы.

Синклинали – вогнутая складка, в ядре которой расположены наиболее молодые породы.

Моноклинали – пласты однообразно наклонены к горизонту в одну сторону под одинаковым, обычно небольшим углом

Разрывные формы нарушений характеризуются разрывом сплошности пластов, сопровождающимся опусканием или поднятием одной части земной коры по отношению к другой. Наиболее распространенные формы разрывных нарушений – это сбросы, взбросы, сдвиги, надвиги, грабены, горсты.

Если часть земной коры опустилась, образуется **сброс**, если приподнялась – **взброс**, когда наблюдается смещение одной части масс горных пород относительно другой в горизонтальном направлении, происходит **сдвиг**, причем, если часть земной коры опустилась – **грабен**, если приподнялась – **горст**.

Примером грабенов являются впадины озер Байкала, Иссык-Куля, Красного моря, долина реки Рейн. Примерами горстовых поднятий могут служить хребты Алтая, Тянь-Шаня, Саян, Памирское и Тибетское плато.

Колебательные движения земной коры – это медленное неравномерное поднятие и опускание земной коры, происходящие повсеместно и непрерывно в течении всей истории Земли, они представляют собой основной тип тектонических движений, на фоне которых развиваются складчатые и разрывные дислокации, а также магматизм.

Магматизмом (от греческого *магма* – тесто) называется совокупность процессов, возникающих под действием сил внутренней динамики Земли и выражающихся в том, что расплавленные глубинные массы проникают в земную кору или изливаются на ее поверхности.

Основными структурными формами развития земной коры с древнейших времен являются геосинклинали и платформы.

**Геосинклинали.** Вытянутые в длину на тысячи километров участки земной коры, где колебательные движения разного знака (поднятие и опускание) характеризуется большой амплитудой, относительно большой скоростью и тесным расположением зон поднятия и прогибания, что сопровождается раздроблением геосинклинальной области на отдельные глыбы, движущиеся с весьма различной скоростью и иногда в различных направлениях

На первом этапе развития геосинклинали преобладает опускание земной коры, геосинклиналь заливается морем. На фоне общего опускания земная кора в геосинклиналях испытывает также и поднятия. Опускания и поднятия происходят циклично. По зонам разлома происходит подводное излияние, преимущественно базальтовых лав.

Второй этап характеризуется преобладанием поднятий литосферы с образование горных хребтов. Поднятие сопровождается трансформацией слоев осадочных пород в складки. На этом этапе интенсивно проявляется вулканическая деятельность. Геосинклиналями на второй стадии развития являются Альпы, Карпаты, Балканы, Крым, Кавказ. Опустившимися плитами в рассматриваемой геосинклинали являются впадины Средиземного и Черного морей. Везувий, Этна и другие вулканы действуют и ныне, а Эльбрус, Казбек, Арарат прекратили свою деятельность в самом недалеком прошлом.

Третий этап в развитии геосинклиналей характеризуется затуханием и прекращением вулканической деятельности, сейсмические явления (землетрясения) также не проявляются, образовавшиеся горы разрушаются, рельеф постепенно выравнивается и геосинклиналь из подвижной зоны литосферы превращается в более спокойную платформу.

**Платформы.** Это области земной коры, которым свойственна малая интенсивность тектонических движений и магматических проявлений. Для платформ характерны очень пологие и обширные прогибы – *синеклизы* и поднятия – *антеклизы*, имеющие сотни и тысячи километров в поперечнике при амплитуде колебаний 2–3 км, изредка даже 5–6 км.

Примерами платформ могут служить Русская и Сибирская возвышенности. Для платформ характерно двухъярусное строение. Верхний ярус собственно платформенный, сложен осадочными породами, залегающими спокойно. Нижний ярус, именуемый складчатым фундаментом, соответствует более ранней, геосинклинальной стадии развития данного участка земной коры и сложен породами, сильно дислоцированными, метаморфозными и пронизанными большим количеством магматических внедрений. Рельеф платформы преимущественно равнинный. При поднятии участка платформы море отступает – регрессирует.

Установлено, что район Стокгольма за 50 лет поднялся на 19 см, в районах правобережья нижнего Дона наблюдается поднятие, достигающие 8–9 мм в год. Район Санкт-Петербурга поднимается на 4–5 мм в год, Кольский полуостров – на 3–15 мм в год.

Областями опускания являются территории между Москвой и Санкт-Петербургом, бассейн Верхнего и Среднего Днепра (1,5 мм/год), побережье Черного моря (в районе Одессы до 5 мм/год), Витебск – 1,4 мм/год.

Уровень Мирового океана поднимается на 12-20 см/100 лет

Наблюдаются и горизонтальные смещения некоторых участков суши: в области Альп смещение, направленное в сторону Мюнхена, достигает 10 мм/год; Калифорнийское побережье (США) перемещается со средней скоростью около 5 мм/год.

На Памире Заалайский хребет и хребет Петра I переместились за последние тысячелетие к северу на 10-15 км.

Помимо вековых колебательных движений, земная кора испытывает также приливные движения, подобные приливам в морях и океанах. Приливные движения литосферы обусловлены притяжением Луны и Солнца. Амплитуда этих движений на полюсах равна нулю, а на экваторе достигает 55 см. Так земная кора в районе Москвы два раза в сутки передвигается вверх–вниз на 30 см с одновременным наклоном.

Землетрясения, или сейсмические (сейсмос - греч - землетрясение) явления, особый вид движения вещества, слагающего литосферу и подкорковые слои.

Проявляются эти движения в виде внезапных и резких упругих колебаний земной коры. Землетрясения обуславливают различные деформации, опускания и поднятия отдельных участков литосферы, образование сбросов, сдвигов.

Колебательные движения земной коры, которые проявляются в наше время, изучает **неотектоника**.

Виды землетрясений:

1. *Тектонические* – являются следствием тектонических процессов, происходящих в толщах земной коры. Их воздействие распространяется на громадные площади и вызывает разрушительные последствия как в земной коре, так и в различных зданиях и сооружениях, построенных на ее поверхности. Тектонические землетрясения поэтому рассматриваются здесь как основной вид землетрясений.

2. *Вулканические* – могут возникать при извержениях вулканов. Причиной таких землетрясений могут быть обрушения кровли и стенок больших пустот, образующихся под вулканами вследствие источения больших количеств лавы. Мо-

гут быть вызваны взрывом магматических газов в недрах вулкана. Такие землетрясения ограничены по площади, часто большой мощности.

3. *Денудационные* – возникают за счет толчка из-за обрушения массива горных пород. Денудационные землетрясения характерны для карстовых районов, поэтому их иногда называют карстовыми. Однако большие обвалы могут возникать и на поверхности земли, поэтому название “денудационные” является более общим. Денудационные землетрясения вызываются толчками малой мощности и распространяются на небольшие расстояния.

4. *Техногенные* – возникают в результате деятельности людей

5. *Морские (цунами)* – происходит поднятие морского дна и образование разрушающих волн. Цунами чаще всего зарождаются в Тихом океане и очень редко – Атлантическом.

**Причины землетрясений:** *главная причина* – движение земной коры; *перво-степенные причины* связаны с внутренними источниками энергии Земли: радиоактивный распад, процессы, связанные с действием силы тяжести, проявление центробежных сил (вокруг оси и вокруг солнца); и еще множество других.

Точка, в которой возникает сейсмический толчок, лежащая на некоторой глубине от поверхности, носит название *гипоцентра*. (Эта глубина колеблется в довольно широких пределах: от нескольких десятков до нескольких сотен километров). Проекция гипоцентра на земной поверхности именуется *эпицентром*.

По глубине положения очага землетрясения можно разделить на

1. нормальные (10-70 км)
2. среднефокусные (70-300 км)
3. глубокофокусным (более 300 км)

Около 70 % землетрясений относятся к первым двум видам, так как их очаг лежит в пределах верхней части литосферы.

**Грунтоведение** – учение о горных породах, являющихся основанием, средой либо материалом земляных сооружений.

**Грунт** – горная порода, почва или искусственное образование, представляющие собой многокомпонентные системы, изменяющиеся во времени, используемые как основание, среда или материал для строительства.

По СТБ 943 грунты подразделяются:

**I. С жесткими структурными связями – скальные:**

1) *Магматические* (*интрузивные* – гранит, диорит, сиенит, габбро, диабаз и др.; *эффузивные* – липарит, порфир, базальт, туф и др.)

2) *Метаморфические* (*регионально-метаморфизованные* – гнейс, кварцит, сланец; *динамометаморфизованные* – порфиرويد, тектоническая брекчия)

3) *Осадочные цементированные* (*крупнообломочные* – конгломерат, брекчия, гравелит; *мелкообломочные* – песчаник, туффит; *пылевато-глинистые* – алевролит, аргиллит; *органогенные* – известняк, мергель, мел, опока, диатомит; *хемогенные* – гипс, ангидрит, галит)

4) *Искусственные* (*Искусственный грунт* – грунт природного происхождения, закрепленный или уплотненный различными методами, насыпной и намыв-

ной, а также твердые отходы производства и бытовые) – магматические, метаморфические и осадочные трещиноватые сцементированные грунты; крупнообломочные, песчаные, пылевато-глинистые несцементированные грунты – закрепленные или улучшенные (цементация, силикатизация, битумизация, замораживание, термическая обработка и т.д.)

## **II Без жестких структурных связей – не скальные (осадочные несцементированные и искусственные)**

### **1. Крупнообломочные**

Т а б л и ц а – Разновидности крупнообломочных грунтов (по грансоставу)

Грунты	Преобладающие обломки по крупности
Валунный (при преобладании неокатанных обломков – глыбовой)	Масса обломков крупнее 200 мм составляет более 50 % от массы воздушно-сухого грунта
Галечниковый (при преобладании неокатанных обломков – щебенистый)	То же, для обломков крупнее 10 мм
Гравийный (при преобладании неокатанных обломков – дресвяной)	То же, для обломков крупнее 2 мм

### **2. Песчаные**

### **3. Глинистые грунты**

**Песчаные** – несвязные грунты, сложенные угловатыми и окатанными обломками минералов, размером от 2 до 0,05 мм. Основная масса состоит из кварца и полевых шпатов.

*По генезису разделяются:* элювиальные, делювиальные, пролювиальные, аллювиальные, озерные, водно-ледниковые, ледниковые, озерно-ледниковые, морские, эоловые и смешанного происхождения.

#### **Песчаные грунты классифицируются (строительная классификация):**

- *по гранулометрическому составу* (гравелистый, крупный, средний, мелкий, пылеватый);
- *по показателю максимальной неоднородности  $U_{max}$*  (однородный (до 4), среднеоднородный (4–20), неоднородный (20–40), повышенной неоднородности (более 40));
- *по степени влажности* (маловлажный ( $S_r$  – (0–0,5); влажные (0,5–0,8); водонасыщенные (0,8–1));
- *по прочности (сопротивлению грунтового грунта при зондировании)* (прочный, средней прочности, малопрочный);

Пример наименования: *Песок средний неоднородный влажный средней прочности.*

#### **Строительная классификация глинистых грунтов.**

**Глинистые грунты** – группа осадочных пород с преобладанием тонких фракций ( $< 0,01$  мм). Состоят из глинистых минералов, а также минералов обломочного (слюда, кварц, полевые шпаты) и химического (карбонаты, сульфаты) происхождения. Занимают около 60 % объема осадочных пород. Происхождение – обломочно-химическое.

*Характерные свойства глинистых грунтов:* пластичность, липкость, набухание, усадка.

**Пластичность** – способность глинистых грунтов деформироваться под нагрузкой без разрыва сплошности и восстанавливать форму при устранении действия внешних сил.

**Глинистые грунты классифицируются (строительная):**

\* по числу пластичности  $I_p$

Супесь – 1–3; Суглинки – 3–17; Глина – более 17.

\* по показателю текучести  $I_L$

Супеси (3 состояния)	Суглинки и глины (6 состояний)
Твердые, $I_L < 0$ Пластичные, $0 \leq I_L \leq 1$ Текучие, $I_L > 1$	Твердые, $I_L < 0$ Полутвердые, $0 < I_L \leq 0,25$ Тугопластичные, $0,25 < I_L \leq 0,5$ Мягкопластичные, $0,5 < I_L \leq 0,75$ Текучепластичные, $0,75 < I_L \leq 0,1$ Текучие, $I_L > 1$

- по прочности (очень прочные, прочные, средней прочности и слабые)

Пример: *Глина твердая средней прочности.*

**Грунты особого состава состояния и свойств.**

**1) Ил** – водонасыщенный современный осадок водоемов, образовавшийся при наличии микробиологических процессов, природная влажность которого, как правило, превышает влажность на границе текучести, коэффициент пористости  $e \geq 0,9$ . Ил – начальная стадия формирования глинистых осадочных пород. Илы практически не держат нагрузки, под нагрузкой легко выдавливаются, при динамическом воздействии переходят в разжиженное состояние.

**2) Торф** – органоминеральный грунт, образовавшийся в результате естественного отмирания и неполного разложения болотных растений в условиях повышенной влажности при недостатке кислорода, содержащий по массе 50 % и более органических веществ.

**3) Заторфованный грунт** – песчаный, пылевато-глинистый или насыпной грунт, содержащий по массе от 10 до 50 % органического вещества.

Торф обладает огромной влажностью (2000 % и более по отношению к весу сухого вещества), значительной пористостью и, как следствие, очень сильной сжимаемостью. При высушивании объем торфа уменьшается в 7–10 раз, поверхность опускается на 1–2 м. Основанием не служить не может, обычно при строительстве их вырезают на всю мощность – т.е. проводится выторфовывание.

**4) Засоленные грунты** – это песчано-глинистые осадочные отложения, содержащие значительное количество водорастворимых солей.

Водорастворимые соли в определенной мере упрочняют грунты, но при эксплуатации зданий и сооружений происходит их увлажнение, что приводит к растворению солей и изменению физико-механических свойств грунтов.

**5) Насыпные и намывные грунты.** Данный тип грунтов относится к природным перемещенным образованиям, т.е. это грунты изъятые из мест их естественного залегания и подвергнутые частично производственной переработке в этом процессе.

*Характерные черты насыпных грунтов:*

- нарушенность структуры грунта в теле насыпи, обуславливающая снижение прочности (по сравнению с естественным залеганием);
- фракционирование грунтов и самовыполаживание отвальных откосов;
- существенное изменение прочности насыпных грунтов во времени (увеличивается – за счет уплотнения, снижается – при увлажнении);
- возникновение в водонасыщенных глинистых грунтах насыпи порового давления, являющегося существенным фактором развития оползней различных типов.

Намывные грунты – создаются средствами гидромеханизации с помощью трубопроводов. Выделяют три стадии формирования свойств намывных грунтов: уплотнение, упрочнение и стабилизированное состояние намывных грунтов.

Характерной особенностью намывных и насыпных грунтов является большая разнородность состава и различная степень уплотненности.

**б) Лессовые грунты.** Лессовые грунты занимают около 14 % территории СНГ. Широкое распространение имеют на предгорных и горных равнинах, отсутствуют в поймах речных долин и на молодых террасах рек. Часто встречаются в Беларуси. Наиболее распространенная толщина лессовых отложений 10–25 м, мощность в Сибири до 70 м, в Китае – 400 м.

Классифицируются по числу пластичности: супесь, суглинок и глина лессовидные.

Характерные особенности: способность сохранять вертикальные откосы в сухом состоянии, быстро размокать в воде, высокая пылеватость, невысокая природная влажность (до 15–17 %), пористая структура (более 40 %) с сетью крупных и мелких пор, высокая карбонатность (до 35 %), засоление легко водорастворимыми солями.

Происхождение: эолово-почвенное. *Отрицательное свойство* – просадка при увлажнении под действием собственного веса.

Фазовый состав:

А) Твердая фаза – характеризуется минералогическим и гранулометрическим

составом (т.е. какие минералы входят в состав и в каком количестве). Размеры, форма и минералогический состав частиц твердой фазы определяют физико-механические свойства грунтов.

Б) Жидкая фаза – это водный раствор различных солей, заполняющий поры грунта.

*Виды воды в грунтах:*

1) **Парообразная** – газовая компонента (водяной пар). Свободно передвигается в грунте при незначительной его влажности, при конденсации пара на поверхности грунта образуются другие виды воды.

2) **Связанная вода** – адсорбированная поверхностью минеральных частиц (молекулы воды связаны с поверхностью кристаллических частиц), составляет более 40 % от всей воды, содержащейся в грунте. плотность 1,2–1,4 г/см<sup>3</sup>, практически не сжимаема, замерзает при температуре –4 °С.

а) *прочносвязанная (гигроскопическая)* – удерживается в грунтах на воздухе, плотность – 2 г/см<sup>3</sup>, температура замерзания – 78 °С, содержание – 1–20 %.

б) *рыхлосвязанная* – плотность 1,2–1,4 г/см<sup>3</sup>, практически не сжимаема, температура замерзания – 4 °С.

3) **Свободная вода:**

а) *капиллярная (вода углов пор, подвешенная вода, собственно капиллярная вода)*, – формируется за счет поднятия воды вверх от уровня грунтовых вод, образуя в массиве капиллярную кайму. Вода перемещается под воздействием сил поверхностного натяжения раздела вода–газ, вода из пор не вытекает.

б) *гравитационная (просачивающаяся, вода грунтового потока)* – просачивающаяся вода и вода грунтового потока (зона аэрации).

4) **Вода в твердом состоянии** – содержится в грунте в виде кристаллов льда при замерзании гравитационной воды.

5) **Вода кристаллической решетки** (кристаллизационная –участвует в построении кристаллической решетки минералов, сохраняя свою молекулярную форму, находится в решетке в виде нейтральных молекул Н<sub>2</sub>О).

В) Газообразная фаза грунта – количество воздуха в порах грунта. Газы в порах грунта могут находиться в свободном, адсорбированном и защемленном состоянии, а также в виде мелких пузырьков или в растворенном виде. Газообразная фаза свободно сообщается с атмосферой. Наличие в грунтах адсорбированных и защемленных газов обуславливают многолетнюю осадку насыпей из глинистых грунтов, деформации и разрывы земляных насыпей, уменьшению водопроницаемости грунтов.

В зависимости от способа определения физические характеристика подразделяются на две группы:

- *прямые* – определяются только опытным путем на основе лабораторных исследований ( $\rho(\gamma)$ ,  $\rho_s(\gamma_s)$ ,  $w$  и др.);

- *производные (косвенные)* – определяются только расчетными формулами ( $\rho_d(\gamma_d)$ ,  $S_r$ ,  $n$ ,  $e$ ,  $I_p$ ,  $I_b$  и др.).

**Гранулометрический состав** – показывает какого размера частицы и в ка-

ком количестве содержатся они в грунте.

Содержание каждой фракции выражается в % по отношению к весу высушенного образца. Фракции – близкие по размеру частицы: 2-1 мм, 1-0,5 мм, 0,5-0,25 мм и т.д.

Определяется грансостав в лаборатории следующими методами: 1) *сит овый мет од* – рассев, навески грунта через набор сит; 2) *ареомет рический мет од* – определение плотности грунтовой суспензии поплавком с использованием математических формул – метод используется для определения грансостава пылеватых и глинистых частиц < 0,1 мм.

Конечным этапом изучения грансостава является:

классификация песчаных и крупнообломочных грунтов  
оценка степени неоднородности  
оценка водопроницаемости  
нахождение угла естественного откоса  
для выбора  $R_0$  (расчетное сопротивление грунтов).

**Природная (естественная) влажность  $w$**  – количество воды, содержащиеся в порах горных пород в естественном залегании, в долях единиц.

Определяется в лаборатории взвешиванием до и после высушивания образцов. Высушиваются образцы до постоянного веса при температуре 105–107 °С.

**Степень влажности  $S_r$**  – влажность, характеризующая степень заполнения пор грунта водой и характеризуется отношением объема воды к объему пор грунта, вычисляется по формуле

$$S_r = \frac{w\rho_s}{e\rho_B}$$

где  $w$  – естественная влажность, %;  $e$  – коэффициент пористости;  $\rho_B$  – плотность воды;  $\rho_s$  – плотность частиц грунта.

**Пористость грунта  $n$**  – суммарный объем всех пор в единице объема грунта, рассчитывается по формуле

$$n = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_s} \times 100 = 1 - \frac{\rho_d}{\rho_s} \times 100, \%$$

**Коэффициент пористости  $e$**  – отношение общего объема пор в грунте, к объему только грунтовых частиц, т.е.  $e = (\Sigma V_{\text{пор}}/V_s)$ , безразмерная величина, вычисляется по формуле

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} = \frac{n}{1 - n}$$

**Плотность грунта  $\rho$ , г/см<sup>3</sup>** – это отношение массы породы, включая массу воды в ее порах, к занимаемому этой породой объему.

Плотность породы зависит от минералогического состава, влажности и пористости.

**Плотность грунта под водой  $\rho_{sb}$**  – это массы единицы объема при естественной пористости под водой. Численно равен массе единицы объема грунта с естественной структурой за вычетом гидростатической подъемной силы воды.

$$\rho_{sb} = \frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e},$$

$\rho_w$  – плотность воды,  $e$  – коэффициент пористости.

**Плотность частиц грунтар $\rho_s$ , г/см<sup>3</sup>** – это отношение массы сухого грунта, исключая массу воды в его порах, к объему твердой части этого грунта.

Плотность частиц грунта численно равна массе единицы объема скелета грунта.

Зависит только от минералогического состава грунтов и возрастает с увеличением содержания тяжелых металлов (пирит).

Плотность частиц грунта изменяется для всех горных пород в пределах от 2,61 до 2,75 г/см<sup>3</sup>.

В лабораторных условиях определяется пикнометрическим способом. Используется для качественной оценки минералогического состава пород и в расчетах других фазовых характеристик.

**Плотность сухого грунта  $\rho_d$**  – отношение массы твердой компоненты грунта при естественной структуре, исключая массу воды в его порах, к занимаемому этой породой объему

Зависит только от минералогического состава и пористости и вычисляется по формуле

$$\rho_d = \rho / (1 + 0,01w)$$

$\rho$  – плотность грунта;  $w$  – влажность грунта, %.

Под механическими свойствами понимают способность грунтов сопротивляться внешним силам.

Механические характеристики подразделяют на:

1) *Деформационные свойства* грунта характеризуют поведение грунта под статическими нагрузками, не приводящими к его разрушению. Они определяются в полевых и лабораторных условиях моделирующих работу грунта под сооружением (статические нагрузки). Для дорожного и антисейсмического строительства изучение деформационных свойств производится при действии вибрации и переменных нагрузок.

2) *Прочностные свойства грунта*, характеризуют способность грунта сопротивляться разрыву.

### Деформационные характеристики

#### **А) Сжимаемость.**

Если сжатие происходит без возможности бокового расширения, то такой процесс *называется компрессионным сжатием*.

Количественными характеристиками сжимаемости являются *коэффициент уплотнения или сжатия, модуль осадки и модуль деформации*.

Методы определения характеристик сжимаемости:

1. лабораторные методы – в компрессионных приборах (одеметры – исключают возможность бокового расширения образца грунта) или приборах трехосного сжатия (стабилометры)

2. полевые – штамповые.

По данным компрессионных испытаний строится *компрессионная кривая* в координатах «коэффициент пористости – давление».

### **Б) Консолидация**

Процесс уплотнения глинистых пород под постоянной нагрузкой принято называть *консолидацией*.

Теория сжатия глинистых грунтов во времени – называется **фильтрационной консолидацией**.

Количественной величиной консолидации является коэффициент консолидации  $C_k$

К прочностным характеристикам грунтов относится – *сопротивление грунтов сдвигу*.

Сопротивление сдвигу характеризует прочность песчаных и глинистых грунтов, т.е. их способность сопротивляться разрушению.

Процесс нарушения сплошности породы в результате смещения (сдвига) одной части породы относительно другой по поверхности скольжения называется **сдвигом**.

Сопротивление сдвигу песчаных пород зависит от трения; глинистых – от трения и сцепления.

Силы трения действуют между слагающими частицами и характеризуются коэффициентом внутреннего трения  $\operatorname{tg} \varphi$ .

Сцепление ( $c$ ) обусловлено действием структурных связей между частицами.

**Тема II. Основы инженерной геодинамики (природные инженерно-геологические процессы и явления: физико-химические, гидродинамические, теплофизические, гравитационные и сейсмические)**

### **Выветривание:**

Сущность выветривания сводится к механическому разрушению и изменению минералогического состава горных пород, слагающих поверхностный слой земной коры, происходящему под воздействием температурных колебаний, замерзания и оттаивания воды, заполняющей трещины, деятельности различных организмов, дождя и других факторов.

Применяя термин “выветривание”, необходимо помнить, что он обозначает широкое воздействие на породу многих экзогенных факторов, а не действие одного лишь ветра.

Особенность выветривания – постепенное дробление вещества, при котором частично или полностью происходит исчезновение прочных связей (кристаллизационных), при этом возникают новые, сравнительно слабые в механическом отношении коллоидные связи.

Физическое выветривание обусловлено факторами, вызывающими главным образом механическое дробление пород. Разновидность его – так называемое *температурное выветривание*. Оно представляет собой воздействие колебаний

температур на горные породы, при котором постоянно происходящее изменение размеров зерен минералов (укорочение и удлинение) приводит к образованию микротрещин. Массивная порода с жесткими связями между частицами превращается в скопление зерен, слабо связанных друг с другом.

Подобное выветривание зависит от состава, структуры породы и условий изменения температур. Особенно подвержены температурному выветриванию крупнозернистые полиминеральные породы (например, гранит рапакиви).

В условиях земной поверхности особенно резкие суточные колебания температуры возникают в пустынных и горных местностях. Летом в дневное время в Каракумах температура почвы достигает  $80^{\circ}\text{C}$ , а вечером она падает до  $20^{\circ}\text{C}$ , иными словами, амплитуда суточных колебаний температуры достигает  $60^{\circ}\text{C}$ .

Возникающие при температурном расширении кристаллов напряжения весьма значительны. Так, при нагревании кристалла кварца от  $20$  до  $60^{\circ}\text{C}$  на концах кристалла было зарегистрировано давление в  $545\text{ кг/см}^2$ .

Еще более усиливает разрушение пород при механическом выветривании вода, проникающая в микротрещины и при замерзании увеличивающаяся в объеме на  $9\text{--}11\%$ . Сила, расклинивающая стенки трещин при образовании льда, достигает  $2400\text{ кг/см}^2$ . Возникающее при замерзании воды разрушение пород называют *морозным выветриванием*.

Ряд пород при попеременном намокании и подсушивании быстро растрескивается, превращаясь из массивных камней в скопление мелких чешуек. Примером могут служить мергели-трескуны из района Новороссийска, обладающие способностью после извлечения на поверхность земли быстро превращаться из массивной породы в скопление мелких обломков.

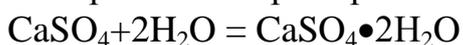
Механическое разрушение пород возникает и в других случаях: при кристаллизации солей в капиллярах, действии корней растений, под ударами песчинок, переносимых ветром, и т. д.

Все перечисленные процессы физического выветривания воздействуют и на искусственные строительные материалы. Так, в результате кристаллизации солей в капиллярах бетона, составляющего опору одного из мостов в Ростовской области, прочность бетона упала настолько, что он легко растирался руками. Особенно интенсивному физическому выветриванию подвержены фасады зданий и наружные части сооружений.

Химическое выветривание представляет собой разрушение горных пород, сопровождающееся изменением их состава. Наиболее активные вещества, химически взаимодействующие с породами, — вода, кислород, углекислота и органические кислоты.

Простейший вид химического выветривания — *растворение пород водой*. При  $20^{\circ}\text{C}$  в  $100\text{ г}$  дистиллированной воды растворяется (в г): каменной соли —  $35$ ; гипса —  $0,2$ ; кальцита (известкового шпата) —  $0,0009\text{--}0,0035$

Другой процесс химического выветривания — *гидратация* — заключается в поглощении минералом воды, молекулы которой затем входят в состав кристаллической решетки. Примером может служить переход ангидрита в гипс:



Этот процесс сопровождается резким увеличением объема, достигающим 50 – 60 %. При этом возникающие напряжения в массиве настолько велики, что окружающие породы сминаются в мелкие складки (соляная тектоника).

Из других разновидностей химического выветривания большое распространение имеет окисление, которое ведет к разрушению пирита, закисных солей железа и других минералов. В конечном счете все соединения железа на поверхности Земли вследствие окисления переходят в лимонит (водный окисел железа).

В процессе жизнедеятельности организмы и растения воздействуют на горные породы, разрушая их механически и биохимически. Особенно значительно их биохимическое воздействие на породы.

Механическое воздействие корней и самой растительности весьма велико. Можно наблюдать, как прорастающие растения приподнимают и пробивают асфальт на улицах городов. Известны случаи, когда растение верблюжья колючка пробивала двадцатисантиметровые железобетонные плиты.

Велика роль различных бактерий, которые в процессе жизнедеятельности поглощают из пород одни вещества и выделяют другие. Воздействие бактерий особенно значительно в верхнем (почвенном) горизонте, где их количество достигает десятков миллионов на 1 г почвы.

**Элювий.** Продукты выветривания горных пород, остающиеся на месте их образования, носят название **элювия** (лат. — выносить). Если под действием силы тяжести и дождевых струек они перемещаются вниз по склонам, накапливаясь у подошвенной части на склонах холмов или гор, то подобные скопления материала называют **делювием** (лат. — смывать).

Отличительная черта элювия – его связь с коренной породой, подвергшейся выветриванию. Можно всегда проследить, как элювий постепенно переходит в коренную породу.

Мощность разрушенного слоя на различных породах и в разных физико-географических условиях колеблется от нескольких миллиметров до многих метров.

Особой формой элювия являются **почвы**, представляющие собой верхний слой коры выветривания.

**Делювии** – продукт выветривания, образуется на склонах гор и представляет собой скопления обломков различной величины. При их накоплении возникают процессы гравитационной дифференциации продуктов выветривания, что вызывает некоторую отсортированность делювиальных наносов, а в ряде случаев – появление грубой слоистости.

Делювий по гранулометрическому составу может быть представлен грубообломочными, песчаными, пылеватыми и глинистыми породами.

### **Геологическая работа в текучих водах:**

Выпадающие на поверхность континентов атмосферные осадки, стекая в виде мелких струек вниз по склонам местности, осуществляют делювиальный смыв и перенос частиц пород. Струйки объединяются в более крупные потоки, произ-

водящие энергичный эрозионный размыв пород с последующим транспортированием и отложением образовавшихся продуктов.

С действием подобных потоков дождевых вод связано образование оврагов, а в горных местностях – возникновение грязевых потоков.

Главные пути стока воды с континентов в морские бассейны – реки. Речные воды проводят грандиозную геологическую работу по размыву, переносу и аккумуляции осадков.

Эти три процесса следует рассматривать как последующие этапы, или циклы, эрозии.

**Эрозией** принято называть размыв и разрушение поверхности земли энергией текущей воды.

Все выпавшее на поверхность количество воды растекается по ней тонким слоем, увлекая и смывая поверхностный слой грунта. Это явление носит название **ПЛОСКОСТ НОГО СМЫВА**.

Второй этап эрозии – **струйчатая эрозия**. Увеличение масс воды и ее скорости ведет к образованию рытвин, промоин и желобов. Основная ее опасность в том, что струйчатая эрозия предшествует оврагообразованию и часто является его непосредственной причиной.

**Оврагообразование** – это экзогенный процесс размыва горных пород на склоне с образованием единичных, вытянутых вдоль склона депрессий или целой системы отрицательных форм рельефа – оврагов.

Для возникновения и дальнейшего развития оврага достаточны три исходных условия:

- 1) наличие рытвины, следа колес и каких-либо других мелких углублений, направленных вниз по уклону местности;
- 2) достаточный уклон местности, обеспечивающий соответствующие размывающие скорости потоков дождевых вод;
- 3) сложение поверхности достаточно рыхлыми или способными к размыву отложениями.

Помимо указанных факторов, определенное значение имеют также климатические особенности местности.

Грязевые потоки, носящие названия сель (на Кавказе), или сіль (в Средней Азии), возникают в горных районах. Это грозное явление природы, приносящее большой ущерб народному хозяйству. Сели образуются при трех условиях:

- 1) наличии достаточно рыхлых пород или продуктов выветривания в верхних частях горных долин;
- 2) достаточно больших уклонах долин;
- 3) образовании водных потоков, вызванных выпадением ливней, таянием снегов, прорывом водоемов и другими причинами.

Реки представляют собой более или менее постоянные потоки, текущие в разработанном ими русле. Движущиеся массы речной воды производят многообразную геологическую работу.

В процессе размывающей и аккумулятивной деятельности реки вырабатывается определенный *продольный профиль*.

Характер его зависит от *базиса эрозии реки*, под которым понимается уровень моря или какого-либо другого бассейна, в который впадает река. Если продольный профиль реки достигает отметок базиса эрозии, то размывающая деятельность потока резко падает вплоть до полного прекращения течения воды в реке.

Различают три типа террас:

- эрозионные, образовавшиеся в результате размыва
- аккумулятивные, представляющие собой скопление речных отложений
- цокольные, или смешанные

Помимо перечисленных террас, носящих название продольных, встречаются поперечные террасы, перегораживающие долину в направлении, перпендикулярном к руслу реки. Этот вид террас образуется, если долина пересекает гряды прочных горных пород, слабо поддающихся размыву (уступы, пороги).

Геологическая деятельность реки разнообразна. Главные процессы – размыв (речная эрозия), перенос и аккумуляция осадков.

**Размыв.** Выработка продольного профиля равновесия реки сопровождается эрозией долины – размывом. Различается *донная эрозия*, представляющая собой размыв дна, и *боковая эрозия*, расширяющая русло реки за счет размыва берегов.

**Перенос.** Речной поток имеет хорошую транспортирующую способность. Перенос материала рекой осуществляется: 1) в растворенном виде, 2) в коллоидных растворах и 3) в виде тонких и грубых взвесей.

**Аккумуляция** (отложение). Осадки, отлагаемые реками, носят название **аллювия** (лат. – намываю).

Для дельтовых частей рек характерно накопление большого количества тонко- и мелкопесчаного материала, а также пылеватых и глинистых частиц, образующих иловатые аллювиальные отложения.

В верхних течениях горных рек, где скорости потоков часто превышают 6–10 м/сек, накапливаются преимущественно валунногалечные, гравийные и крупнопесчаные отложения. При меньших скоростях отлагаются средне- и мелкопесчаные осадки. В равнинных реках со спокойным течением преобладают мелко- и среднезернистые аллювиальные отложения с прослоями иловатого (пылеватого) материала. В районах, подвергавшихся оледенению, в составе речного аллювия встречаются также переотложенные ледниковые песчано-галечные и песчано-гравийные отложения.

### **Геологическая работ а ледников**

Различают ледники горные и материковые.

*Горные (долинные) ледники* образуются в высокогорных долинах выше снеговой линии и часто венчают вершины гор. Если горные долины сливаются, то образуются сложные ледники. Горные ледники такого типа распространены в Альпах, на Кавказе. Ледники этого типа называются альпийскими. Для альпийских ледников характерны сравнительно малые скорости движения льда: от 0,02 до 4 м в сутки

*Мат ериковые ледники* иначе называют еще покровными или гренландскими. Материковые ледники движутся от центра к периферии. Скорость движения их достигает 20-30 м в сутки.

Ученые установили, что в сравнительно недавнем геологическом прошлом некоторая часть территории СНГ, Западной Европы и Америки покрывалась ледниковым материками. В течение времени развития человека (антропогенный период), который начался миллион лет тому назад и продолжается в настоящее время, были три ледниковые эпохи. Во время самого крупного оледенения европейской части СНГ, получившего название днепровского (вторая ледниковая эпоха), ледники спустились далеко на юг по долинам рек Днепра и Дона, образовав днепровский и донской ледниковые языки. Центром этих древних оледенений явились районы Скандинавии, где мощность накопившегося льда превышала 3-4 км. Отсюда льды двигались на юг, переноса массы обломочного материала, скопления которого широко используются как источник естественных строительных материалов (щебня, гравия, песка, камня).

В процессе движения лед истирает и вспахивает поверхность земли, создает котловины, рытвины, борозды. Движущимся льдом увлекаются обломки горных пород и образуют подвижную прослойку ледника. Такие массы обломочного материала называют *моренами*. Существует *донная морена* – обломочный материал донной части ледника и *боковая* – породы боковой части ледника. На поверхности ледника также скапливаются обломки горных пород и образуют *поверхностную морену*. Каждый ледник имеет донную морену и две боковых, которые двигаются вместе с ледником. В процессе таяния ледника морены прекращают движение и образуют *отложенные морены*. Они представляют собой разнообразный материал от тонких, мелких частиц до крупных валунов диаметром 2-3 м и более.

В целом моренные отложения характеризуются неоднородностью состава, отсутствием слоистости, окатанности отложенного материала.

Большое количество различных мелких обломков несут подледниковые воды. При выходе из ледников воды растекаются веерообразно с частицами грунта и образуют *флювиогляциальные* (водно-ледниковые) отложения в виде форм, называемых *зандрами*, *озами* и *камами*. *Зандры* – широкие пологоволнистые равнины, расположенные за конечными моренами. *Озы* – накопление обломочного материала в виде гравийно-галечного отложения. *Камы* – холмы небольших размеров, разбросанные без всяких закономерностей. Каждое из этих отложений имеет свои особенности и состав. Зандры сложены более или менее отсортированным материалом, представленным (в непосредственной близости к моренам) галькой, гравием, крупным песком. Озы – из галечно-гравийно-песчаной смеси, хорошо промытой и слабо отсортированной. Камы состоят из хорошо отсортированных песков в сочетании с гравием, галькой и даже валунами.

Песчаные разновидности флювиогляциальных отложений обладают незначительной сжимаемостью. Однако они хорошо уплотняются при динамических нагрузках ввиду значительной пористости и тем самым могут вызвать большую осадку зданий и сооружений. Морена в состоянии природной влажности обладает достаточной плотностью и хорошо держит вертикальный откос в котловане. Сжимаемость ее относительно невелика и составляет 5-25 мм на 1 м толщи.

Флювиогляциальные отложения со строительной точки зрения уступают моренным глинистым грунтам, на все же рассматриваются как достаточно прочное основание. Успешно для строительства используются различные песчано-гравелистые и глинистые отложения озов и зандров. Исключение составляют покровные суглин-

ки(быстро размокают и могут проявлять просадочные свойства) и ленточные глины (в условиях водонасыщения проявляют просадочные свойства).

Недостатком ледниковых отложений является наличие крупных случайных включений в виде валунов, что зачастую приводит к неравномерной осадке зданий и сооружений.

### Геологическая работ а морей, озер и водохранилищ

Океанические и морские бассейны занимают 70,8 % всей земной поверхности. Основные массы осадочных пород, слагающие поверхность литосферы, образовались путем накопления в морях и океанах.

В зависимости от действующих факторов разрушительная деятельность моря может быть механической, химической и биологической. Главное значение имеет первая форма разрушительной работы моря – механическая. Она связана главным образом с работой вол, ветра и приливно-отливными движениями масс океанической воды.

Сила удара морской волны довольно значительна. Так, у берегов Шотландии она достигает 38 т/м<sup>2</sup>. В Черном море сила удара несколько меньше: так, в районе Сочи их наибольшая величина достигает 7,2 т/м<sup>2</sup>.

Разрушающее действие морских волн называется *абразией* (срезание). Характер и скорость ее зависят в значительной степени от геологического строения и литологии берегов. Особенно энергичному разрушению подвергаются высокие берега. Значительно меньше абразия плоских и отлогих берегов.

Скорость разрушения берегов также зависит в определенной степени от состава пород. Наиболее медленно процесс происходит на участках берегов, сложенных гранитами, диоритами, гнейсами и др, быстрое разрушение – глинами, песками.

Огромную работу производит море по аккумуляции обломочного материала, образующегося в результате морской абразии и выноса его в моря реками. Сносимые с суши обломочные частицы, осаждаются в морских водоемах, называются *терригенными осадками*, химически растворенные вещества, выпадающие из морской воды, – *химическими осадками*, а накапливающиеся на дне моря твердые части скелетов животных организмов – *органическими осадками*. Из морских осадков образуются самые различные по составу и свойствам осадочные горные породы – *обломочные, хемогенные и органогенные*. Характерной особенностью является их значительная выдержанность по простиранию и большая однородность по составу, а значит, и физико-механическим свойствам, что при инженерно-геологической оценке пород имеет существенное значение.

В береговой полосе чаще всего накапливаются крупные обломки – глыбы, хорошо окатанные галька и гравий, различные зернистости пески.

На некотором удалении от берега, на глубинах до 200 м, отлагается преимущественно песчаный материал. Ширина полосы с песчаными образованиями – от нескольких километров до нескольких сотен километров. Здесь также широко распространены органогенные осадки.

На глубинах свыше 200 м, где подвижность морской воды невелика, осаждаются мелкодисперсный терригенный материал – пылеватые и глинистые частицы.

Котловины, заполненные водой и не связанные проливами с морями и океанами, называются **озерами**. Площадь озер самая различная, точно также различна глубина озер (0,8 м – оз Эльтон, 1741 м – Байкал). Озерные котлованы располагаются на различных высотах. Насчитывается несколько типов образования озер: в тектонических котлованах (Байкал), благодаря ледниковому выпахиванию (озера Карелии), в кратерах потухших вулканов, в результате провалов земной поверхности, в результате деятельности людей (заполнение водой выемок закрытых или заброшенных карьеров).

Геологическая работа озер подобна работе моря, но меньше по масштабам. Озерная абразия вызывается исключительно ветровыми волнами.

В озерах, так же как и в морях, аккумулируются осадки, приносимые впадающими реками, а также химические и биохимические. В результате испарения в бессточных озерах накапливается большое количество химического осадка (натриевые, калиевые, кальциевые соли (гипс и кальцит), нередко осаждаются оксиды железа). Среди органогенных осадков можно назвать озерные ракушечные извести, озерные диатомиты и др.

Для озер характерно образование большого количества органических осадков гнилостных илов (сапропеля).

При создании водохранилищ происходят процессы, аналогичные изложенным инженерно-геологическим явлениям. При этом создаются благополучные условия для волнообразования и берега, сложенные малоустойчивыми породами, начинают быстро разрушаться. Большое практическое значение имеет вопрос переработки (абразии) берегов внутренних искусственных водохранилищ, создаваемых на реках. Современное выявление ширины берега, подлежащего размыву (можно определить по формуле Б.В.Полякова), позволяет правильно проектировать размещение прибрежных городов и населенных пунктов.

### **Болот а, заболоченные т еррит ории**

**Болотами** – называются участки земной поверхности, избыточно увлажненные, с развитой специфической растительностью и покрытые торфяниками. Большинство болот образовалось из озер в результате их обмеления и развития растительности. Избыточно увлажненные участки земной поверхности, где мощность торфа меньше 30 см, называется заболоченными землями и представляют собой начальную стадию развития болот. Болота в Беларуси занимают 7,51 % от всей площади.

По условиям залегания, питания и характеру растительности различают болота низинные, верховые, переходные. *Низинные болот а* располагаются в пониженных участках рельефа и имеют плоскую или вогнутую поверхность. Кроме атмосферных осадков в питании таких болот участвуют грунтовые или речные воды. Торфяники, образующиеся здесь, часто малокалорийны и обладают большой зольностью. *Верховые болот а* располагаются на водоразделах и имеют выпуклую поверхность. Питаются – атмосферными осадками. Торф отличается высокой калорийностью и малой зольностью.

### Геологическая работ а вет ра

В нижних слоях атмосферы наблюдается неравномерное распределение тепла, которое ведет к постоянным изменениям ее плотности. Последнее вызывает возникновение горизонтальных и вертикальных перемещений воздуха в виде ветра. Скорость движения потоков воздуха может быть весьма высокой.

Геологическая деятельность ветра весьма многообразна. Им вызываются процессы выдувания (дефляция), обтачивания (корразия), перенос материала и его отложение (аккумуляция). Эти процессы, тесно взаимосвязанные, носят название **ЭЛОВЫХ**.

Песчаные частицы, переносимые ветром, с силой ударяются о поверхность твердых пород, вызывая истачивание их поверхности и появление на ней штрихов, борозд, желобов. Этот процесс называется **корразией**. В результате совместного действия дефляции и корразии происходит разрушение твердых пород, превращающихся в пыль и мелкие обломки, а также развиваются положительные и отрицательные формы рельефа. Особенно причудливые формы рельефа – останцы – образуются в пустынных областях, сложенных слоями твердых пород, имеющих различную сопротивляемость истиранию.

Ветер переносит глинистые, пылеватые, а также тонкопесчаные частицы (размером менее 0,26 мм) на многие сотни и даже тысячи километров. Во время длительно дующих из пустынь Средней Азии восточных ветров над Каспийским морем образуется пелена пыли из материала пустынь, которая достигает высоты 2 – 3 тыс. м. При этом воздух настолько запылен, что самолеты вынуждены подниматься выше этого слоя.

### Многолетняя мерзлота

**Мерзлые породы** – горные породы, имеющие отрицательную или нулевую температуру и содержащие в своем составе лед.

Мерзлые грунты подразделяются на:

1. Сезонномерзлые породы – это такие породы, которые летом оттаивают, а зимой промерзают.

2. Многолетнемерзлые породы сохраняют мерзлое состояние в течение сотен и тысяч лет. Эти породы имеют сезоннооттаивающий слой, называемый деятельным слоем.

Зона развития многолетнемерзлых пород называется **криолитозонами**.

Многолетняя мерзлота зависит от: климата (среднегодовая температура –2 С и менее); состава поверхностных пород; рельефа; положения уровня подземных вод

**Под сливающейся мерзлотой** понимают такой тип мерзлоты в разрезе, когда деятельный слой при замерзании непосредственно переходит в многолетнюю мерзлоту.

**При несливающейся мерзлоте** между промерзшим деятельным слоем и мерзлыми грунтами остается слой талого грунта.

Процесс промерзания сопровождается развитием особых процессов и явлений: наледи морозное пучение, солифлюкции, термокарст.

### **А.) Наледи**

Наледь – это скопление льда на поверхности земли в результате замерзания изливающихся подземных или речных вод.

#### **Типы наледей:**

1. *грунтовые* – морозы вызывают быстрое промерзание деятельного слоя, и надмерзлотные воды оказываются зажаты между двумя мерзлыми слоями, создается напор, вода устремляется в места наименьшего сопротивления (в подвалы, котлованы, дорожные выемки, трещины в промерзшем грунте).

2. *речные* – быстро промерзает вода русла, а поток ищет выход и сверху образуются бугор, который прорывается и вода течет сверху. Речные наледи деформируют мосты, трубы, водозаборные сооружения.

**Меры борьбы** – устройство специальных мерзлотных поясов:

1. в виде снежного вала, который задерживает промерзание деятельного слоя
2. для дорог – канавы глубиной 3/4 мощности деятельного слоя и грунтовые валики. Порода под откосом и дном канавы замерзает быстрее и на большую глубину, тем самым создается препятствие для движения грунтовой воды в еще не промерзшем деятельном слое. Мерзлотные валики способствуют поднятию верхней границы вечномерзлого грунта.

Наледи используют как запас воды, т.к. они являются указателем нахождения воды и их выхода на поверхность.

### **Б) Морозное пучение**

Морозное пучение – это увеличение объема водонасыщенных грунтов в результате расширения воды в порах при замерзании. Проявляется в виде *пучин* – поднятий поверхности земли высотой 0,2–0,5 м удлиненной формы и в виде бугров пучения или *булгуний*, которые образуются вследствие поднятия пород деятельного слоя нижележащей массой льда, непрерывно увеличивающийся в объеме за счет подпитывания надмерзлотными водами. Высота бугров 20–40 м, давление возникающее при образовании льда 40–60 атм.

#### **Причины образования пучин:**

1. наличие мелких и пылеватых песков, супесей, глин, крупнообломочных грунтов с глинистым заполнителем
2. суровые продолжительные морозы, обуславливающие глубокое сезонное промерзание
3. переувлажнение промерзающих пород из-за недостаточной регуляции поверхностного стока, в результате капиллярного поднятия, миграция пара, неглубокое залегание грунтовых вод.
4. неоднородность состава пород
5. геоморфологическое положение здания, сооружения, земполотна
6. конструктивные особенности земляного полотно, сложение пучинистыми грунтами

**Меры борьбы:** – осушение

1. отвод дождевых, талых и подземных вод (дренажные работы)
2. замена глинистых грунтов гравелисто-песчаными

3. добавление в грунт  $\text{CaCl}_2$  – тогда замерзание грунтов начинается при температуре  $-10-12\text{ C}$  и пучение проявляется в небольшой степени

4. электроосмотическое осушение

**3. Солифлюкция** – медленное течение вниз по склону переувлажненного оттаявшего мелкодисперсного грунта деятельного слоя под влиянием силы тяжести. Скорость небольшая несколько см в год.

Солифлюкция представляет собой опасность для существующих путей сообщения и сооружений, расположенных у подножия склонов.

**Меры борьбы:**

1. закрепление поверхности склона растительностью

2. планировка и выполаживание склона

3. перехват поверхностных и грунтовых вод, выходящих на склонах, нагорными и мерзлотными валиками и отвод их от склонов

**4. Термокарст** – процесс проседания и последующего образования провалов, блюдец, воронок на поверхности многолетнемерзлых пород при оттаивании скопленений льда в толще грунта. Термокарстовые понижения во многих случаях заполнены водой, образуя озера и болота.

Болота в зоне вечной мерзлоты называются *мари*.

При освоении территорий с наличием термокарстов необходимо стремиться к сохранению положения верхней границы вечномерзлых грунтов.

### **Оползни и оползневые явления**

Под оползнем понимается смещение земляных масс вниз по склону под действием силы тяжести, *гидродинамического давления*, сейсмических и др. сил.

Оползни происходят в том случае, когда сдвигающие – касательные напряжения оказываются больше внутренних сил сопротивления грунта (силы сцепления и трения). Этот процесс связан с разрушением структуры грунта и нарушением его устойчивости или равновесия на склоне.

**Факторы, способствующие возникновению оползней:**

1. подземные и поверхностные воды в горных породах на склоне

а) дополнительное увлажнение

б) взвешивающее действие от напорных вод

в) гидростатическое давление воды, заполняющей трещины

г) фильтрационное воздействие

2. процессы выветривания – ослабление связей

3. инженерная деятельность человека

4. сейсмические явления

Классификации оползней:

1. по месту их образования (склоны речных долин, морские побережья, города)

2. по объему оползших пород (малые – до  $1000\text{ м}^3$ , средние – до  $100\text{ тыс.м}^3$  и большие свыше  $100\text{ тыс.м}^3$ )

3. по форме в плане (вытянутые в длину, вытянутые в ширину, округлые)

4. по степени активности (действующие и замершие)

5. по непосредственной причине возникновения или потери прочности (консистентные, суффозионные, структурные)

6. по положению поверхности скольжения, т.е по строению оползневого склона:

- Оползень в однородных породах
- Оползень на контакте двух различных пород
- Оползень поперек напластований

### **Обвальные явления (гравитационные процессы)**

Обвальные явления проявляются в быстром и внезапном перемещении масс горных пород на высоких и крутых склонах (крутизна склона более 20–25 град).

Разновидности:

– **вывал** – обрушение или внезапный отрыв и падение отдельных глыб горных пород.

– **обвал** – обрушение земляных масс, при которых возникает вращение перемещающихся пород.

– **осыпь** – скопление в нижней части крутых склонов обломочного материала (щебень, дресва), который по мере накопления и увлажнения осыпи начинает перемещаться.

#### ***Условия образования обвальных явлений:***

1. климатические факторы (физическое выветривание (температура) – вызывает трещиноватость пород)
2. особенности рельефа
3. состав, свойства, физическое состояние пород
4. сейсмические явления

#### ***Меры борьбы:***

1. *профилактические* – направленные на предупреждение явления или приостановление его развития в ранней стадии (надзор за состоянием склонов, обрушение отдельных камней, наблюдение за скоростью движения осыпей и т.д.)

2. *инженерные* – направленные на устранение действия процесса или снижение его интенсивности (посадка растительности (для осыпей); защитные ж.б. галереи, тоннели; закрепление анкерами; автоматические сигналы)

### **Суффозионные явления**

**Суффозией** называется процесс выноса частиц грунта током подземных вод с образованием пустот, воронок или провалов, сопровождается оседанием поверхности земли.

Различают суффозию механическую, связанную только с перемещением частиц породы, и химическую, связанную с процессами выщелачивания.

#### ***Причины суффозионных процессов:***

- неоднородность породы по гранулометрическому составу, наличие более мелких частиц среди более крупных
- определенная величина гидродинамического напора
- наличие области выноса разгрузки

***Меры борьбы, связаны с прекращением движения воды:***

- противофильтрационные завесы, томпонаж
- дренажи
- шпунтовые ограждения
- устройство обратных фильтров, для уменьшения выходного градиента и скорости подземного потока

**Карст**

Карст разновидность химического выветривания.

***Химическое выветривание*** представляет собой разрушение горных пород, сопровождающееся изменением их состава. Разновидности: растворение, гидротация.

***Карстом*** называется явление растворения водой некоторых горных пород, в процессе, которого образуются различные типы пустот и полостей.

*В зависимости от пород различают следующие типы карста:*

1. ***карбонатный*** – карстующейся породой служит известняк или доломит – трудно растворимые породы, скорость растворения исчисляется геологическими отрезками времени, 1 ч. кальцита растворяется в 30000 ч. воды

2. ***сульфатный*** – гипс, ангидрит – среднерастворимые породы, скорость соизмерима со сроками службы сооружений, 1ч. гипса на 480 ч. воды.

3. ***соляной*** – каменная соль, хлориды – легкорастворимы – скорость весьма велика, 1ч.каменной соли на 3 ч.воды.

*Классификация в зависимости от рельефа:*

1. поверхностный (открытый) карст, проявляется заметно и сильно в рельефе
2. глубинный (подземный) карст
3. смешанный тип: поверхностный плюс глубинный, широко развит в горном Крыму с поверхности на глубину до 1000 м и более

***Факторы возникновения карста:***

1. климат (наиболее развитие в условиях влажного и избыточно влажного климата)
2. минералогические особенности и условия залегания (практически растворимые горные породы, трещиноватость и водопроницаемость)
3. движущаяся вода с растворяющей особенностью

**Тема III. Основы общей гидрогеологии и динамики подземных вод**

Воды, находящиеся в верхней части земной поверхности, носят название подземных.

Выявлением происхождения, состава, взаимодействия с горными породами подземных вод, а также законов их движения занимается наука, носящая название *гидрогеологии*.

**Гипотезы формирования подземных вод**

1. ***Инфильтрационная*** – вода, просачиваясь с поверхности земли, проникает в горные породы. Это движение воды носит название инфильтрации. Количество

воды, инфильтрующейся с поверхности, определяется действием многих факторов: характером рельефа, составом поверхностных пород, их фильтрационной способностью и трещеноватостью, климатом местности, деятельностью человека, состоянием растительного покрова и рядом других факторов.

2. *Конденсационная* – в 1877 г. немецкий ученый О. Фольгер – согласно которой вода в горных породах образуется в результате конденсации водяных паров, проникающих в горные породы с поверхности земли вместе с воздухом.

3. *Ювенильная* – в 1902 г. Э. Зюсс предложил ювенильную теорию образования подземной воды, газы и пары, поднимаясь из расплавленной магмы по трещинам в земной коре, могут давать начало ювенильным водам. В отличие от инфильтрирующихся поверхностных вод, поступающих сверху вниз и называемых *вадозными*, ювенильные воды, имея глубинное происхождение, поступают в верхние слои земной коры из ее недр.

4. *Реликтовое* – подземные воды глубоких зон представляют собой осадочные воды древних бассейнов, захороненных и сохранивших свой первоначальный облик до настоящего времени.

В настоящее время можно считать установленным, что подземные воды образуются различными путями, в которых несомненно участвуют и инфильтрационные и конденсационные процессы. Немаловажное значение имеет также процесс *инфлюации* — поступления воды в недра Земли через крупные пустоты, щели, каналы и т. д.

По условиям залегания, питания и движения среди подземных вод выделяются несколько разновидностей.

Наиболее близко к поверхности располагаются *почвенные воды*, образующиеся за счёт увлажнения почв атмосферными осадками и конденсации влаги из воздуха. Это воды висячие, не подстилаемые водоупорными горизонтами. Они имеют большое значение в питании растений и процессах выветривания содержащихся в почве минералов, но хозяйственного значения не имеют.

Ниже зоны почвенных вод располагается толща практически сухих пород, содержащих в небольших количествах плёночную воду. Если в этой толще имеются прослойки или линзы водоупоров, то в периоды обильной инфильтрации (просачивания) атмосферных и поверхностных вод (периоды дождей, таяния снега, половодий и пр.) над ними происходит образование временных скоплений гравитационных вод. Мощность пород, насыщенных такими водами не превышает обычно 1 м. Эти временные водоносные горизонты называются *верховодки*.

Первый от поверхности Земли постоянно существующий в пределах рассматриваемой территории водоносный горизонт называется горизонтом *грунтовых вод*. Верхняя граница зоны постоянного насыщения пород грунтовыми водами носит название зеркала (или уровня) грунтовых вод. Зеркало грунтовых вод редко бывает горизонтальным. Часто оно повторяет рельеф и имеет четко выраженный наклон в сторону пониженных мест. Питание грунтовых вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, талых вод, вод поверхностных водоёмов. Мощность водоносного горизонта непостоянна и изменяется как по площади (в зависимости от рельефа), так и во времени (в зависимости от количе-

ства атмосферных осадков, режима водоёмов). Колебание уровня грунтовых вод во времени определяет наличие так называемой зоны периодического насыщения, находящейся непосредственно над зоной постоянного насыщения и являющейся водоносной в периоды повышения уровня грунтовых вод.

Водоносные горизонты, залегающие ниже горизонта грунтовых вод, разделяющиеся пластами водоупорных пород называются *межпластовыми водами*. Последние, в свою очередь, разделяются на *межпластовые безнапорные* и *межпластовые напорные (или артезианские) воды*.

*Водоупор* или *водоупорный слой* – это горная порода, практически не пропускающая через себя воду, или относительно (по сравнению с водопроницаемыми слоями пород) водонепроницаемый ее слой. Чаще всего это горизонты глин. Водоупор, покрывающий водоносную породу, образует *водоупорную кровлю*, а подстилающий водоносную породу – *водоупорное ложе*.

Безнапорные межпластовые воды отличаются от грунтовых тем, что находятся между двумя выдержанными водоупорными пластами. Эти воды не заполняют полностью водоносный слой. Межпластовые напорные (артезианские воды) – подземные воды, заключённые между водоупорными слоями и находящиеся под гидравлическим давлением. Вскрытые искусственным путём артезианские воды поднимаются выше кровли водоносного пласта. При достаточном напоре они изливаются на поверхность земли, а иногда даже фонтанируют. Линия, соединяющая отметки установившегося напорного уровня в скважинах, образует *пьезометрический уровень*.

Кроме вышеперечисленных имеются *воды спорадического распространения*, представляющие собой скопление подземных вод в гидравлически разобращенных линзах и пропластах, залегающих на различной глубине и находящихся внутри осадочной водо- или слабопроницаемой толщи. Они бывают как напорные, так и безнапорные.

Артезианские воды, в отличие от рассмотренных типов подземных вод, имеют напоры. При вскрытии скважинами этого горизонта вода поднимается значительно выше кровли водоносного пласта, а в некоторых случаях даже фонтанирует.

Линия, соединяющая отметки установившегося напорного уровня в скважинах, образует *пьезометрический уровень артезианских вод*.

Возникновение напора обуславливается особыми условиями расположения в пространстве этого типа подземных вод. Наиболее часто оно определяется синклиналиеобразной формой залегания пластов, среди которых чередуются прослойки песка и глины.

Характерные черты артезианских вод – их способность образовывать восходящие источники, несовпадение области питания с областью распространения, малая загрязненность и некоторые другие.

На обширной территории, имеющей синклиналиеобразное строение, может образовываться один или несколько напорных горизонтов, расположенных в несколько этажей, разделенных водоупорными слоями. В этом случае говорят об артезианских бассейнах. Подобные артезианские бассейны – важнейшие источники питьевой и технической воды. Широкой известностью пользуется Подмосков-

ный артезианский бассейн, имеющий ряд напорных горизонтов, из которых некоторые дают сильно минерализованную, а другие пресную воду.

Физические свойства:

1. Температура – зависит от физико-геологических условий, геологического строения, режима питания, в пределах от 5 до 100 С.
2. Цвет – зависит от химсостава и примесей.
3. Прозрачность – зависит от кол-ва растворенного минерального вещества, механических примесей.
4. Плотность – пресная – 1 г/см<sup>3</sup>, морская – 1-1,1 г/см<sup>3</sup>, высокоминеральная – 1,3 г/см<sup>3</sup>.
5. Вязкость – внутреннее сопротивление частиц воды движению, зависит от температуры и минерализации.
6. Электропроводность – зависит от ионно-солевого состава, оценивается величиной удельного электросопротивления.
7. Вкус – зависит от минерализации: соленый, горький, сладкий.
8. Запах – зависит от наличия газов биохимического происхождения.
9. Радиоактивность – вызвана присутствием радиоактивных элементов (уран, стронций, цезий, радий).

Химический состав:

**1. Степень минерализации.**

Суммарное содержание растворенных в воде минеральных веществ называют общей минерализацией. О ее величине судят по сухому или плотному остатку (мг/л), который получается после выпаривания определенного объема воды при температуре 105 С.

**2. Жёсткость.**

Жесткость – свойство воды, обусловленное содержанием в ней ионов кальция и магния. Выражается в мг×экв, за 1 мг×экв жесткости принимается содержание в 1 л воды 20,04 мг иона кальция или 12,16 мг иона магния.

Разновидности:

1. Временная или карбонатная – определяется присутствием бикарбонатов, устраняется кипячением.
2. Постоянная – определяется присутствием сернокислых и хлористых солей, кипячением не устраняется.
3. Общая – сумма постоянной и временной.

По жесткости воду разделяют на: мягкую (менее 3 мг×экв), средней жесткости (3-6 мг×экв), жесткую (6-9 мг×экв), очень жесткую (более 9 мг×экв).

**3. Агрессивность воды** – способность воды разрушать бетон вследствие содержания в ней свободных кислот.

Виды агрессивности:

1. Общекислотная – оценивается величиной рН, в песках вода считается агрессивной при рН<7, в глинах при рН<5.
2. Сульфатная – определяется по содержанию иона Si<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Для песчаных пород агрессивной по отношению к бетону на поргланцементе является, в которой содержание иона оказывается более 1000 мг/л; для суглинков – 1500 мг/л. Применение в бетонах сульфатостойких цементов позволяет строить в воде, содержащей до 3000 мг/л Si<sub>4</sub><sup>2-</sup>.
3. Магнезиальная – устанавливается по содержанию иона магния.
4. Карбонатная – связана с воздействием на бетоны агрессивной углекислоты, этот вид возможен только в песчаных грунтах.

Кроме химического состава воды при оценке степени агрессивности воды по отношению к бетону учитывается и коэффициент фильтрации породы. Чем выше коэффициент фильтрации, тем более агрессивной считается вода.

**Водообмен** – процесс смены первоначально накопившихся вод поступающими вновь. Интенсивность водообмена зависит от глубины залегания.

Зоны водообмена:

1. Зона интенсивного водообмена (пресные) – глубина до 300-400 м, дренируются реками, обновление осуществляется за десятки и тысячи лет.
2. Зона замедленного водообмена (воды солоноватые и соленые) – глубина до 600-2000 м, обновление осуществляется в течение сотен тысяч лет.
3. Зона весьма замедленного водообмена (воды типа рассолов) – глубина более 2000 м, обновление осуществляется в течение сотен миллионов лет.

Режим подземных вод – изменение во времени их уровня, химического состава, температуры и расхода.

В естественных условиях характерен *ненарушенный (естественный)* режим. Он зависит от:

1. Метеорологических факторов – осадки, испарение, температура. М. факторы вызывают сезонные и годовые колебания, изменение химизма, температуры и расхода. Сезонные колебания обусловлены неравномерностью выпадения осадков и изменения тем-ры в течение года. Амплитуда колебания грунтовых вод не превышает 3 м. Многолетние колебания связаны с ритмическими изменения климата, амплитуда колебаний достигает 8 м и более.

2. Гидрологические факторы – зависимость от колебания уровня реки в полосе: до 0,5 м в песчано-галечных отложениях, до 6 км в хорошо проницаемых грунтах.

3. Геологические факторы – медленно действующие (тектонические движения, внутренняя теплота) и эпизодические (землетрясения, вулканизм, оползни).

*Искусственный (нарушенный)* режим формируется в результате влияния инженерно-строительной деятельности человека и проявляется в повышении и понижении уровня подземных вод, в изменении химсостава и температуры.

Повышению уровня подземных вод способствует строительство искусственных водоемов, орошение, утечка воды из промышленных бассейнов и сетей коммуникаций. Понижению – длительные откачки воды для водоснабжения, осушение заболоченных земель, строительное водопонижение.

Появление подземных вод в рыхлых породах ведет к ухудшению их механических свойств. В глинистых породах насыщение водой, как правило, приводит к текучести, а в песчаных – к плавучести. В известняках, гипсах, каменной соли подземные воды вызывают растворение вещества с образованием крупных пустот.

**Динамика подземных вод** – раздел гидрогеологии, изучающий закономерности движения подземных вод в зоне их полного насыщения.

Начало изучению законов движения подземных вод было положено работами французского гидравлика А.Дарси (1856), который установил основной линейный закон фильтрации в пористой среде и ввел понятие о коэффициенте фильтрации или водопроницаемости.

Передвижение подземных вод в грунтах делится на два вида:

1. Инфильтрационное – передвижение воды при частичном заполнении пор воздухом в зоне аэрации.

2. Фильтрационное – передвижение при полном заполнении пор водой.

Фильтрационные потоки различаются по характеру движения:

1. ламинарное – отдельные струйки движутся параллельно с небольшой скоростью сплошным потоком (две небольшие реки)

2. турбулентное – большие скорости, вихревые перемещения струй воды, разрывание сплошности потока (водопад).

Движение подземных вод может быть:

1. установившиеся – все параметры потока (скорость, расход, направление) не изменяются во времени.

2. Неустановившиеся – основные параметры изменяются во времени.

Для ламинарного течения подземных вод справедлив закон Дарси:

$$Q = kIF$$

где  $Q$  – расход воды (количество фильтрующей воды в единицу времени), м<sup>3</sup>/сут;  $k$  – постоянная величина для данной породы, характеризующая ее водонепроницаемость, это величина называется коэффициентом фильтрации, м/сут;  $I$  – гидравлический градиент;  $F$  – площадь через которую проходит фильтрация, м<sup>2</sup>.

Действительная скорость фильтрации определяется с учетом пористости грунта  $V_d = V/n$ , где  $V = Q/F$ .

Для турбулентного течения подземных вод справедлив закон Шези-Краснопольского

$$Q = K_{ш} \sqrt{IFt}$$

где  $K_{ш}$  – коэффициент Шези.

Коэффициент фильтрации – это скорость фильтрации при напорном градиенте, равном единице. Градиент напора или гидравлический градиент  $I$  показывает величину падения напора на единицу длины пути фильтрации  $I = \Delta H/l$

Коэффициент фильтрации характеризует водопроницаемость грунтов.

Данные о водопроницаемости необходимы при расчете притока воды в котлован, для определения мощности откачиваемых насосов, для определения степени воздействия агрессивных вод на материал фундамента, для решения вопросов водоснабжения и мелиорации.

Коэффициент фильтрации зависит от:

- от количества и размеров пор в грунте
- от степени окатанности частиц
- от минералогического состава грунта
- от вида грунта
- от крупности песчаных грунтов
- от минерализации и температуры воды, т.е. от вязкости воды

Методы определения коэффициента фильтрации:

1. Табличный (по Н.А. Плотникову)
2. Расчетный – используют связь коэффициента фильтрации грунтов с его грансоставом, пористостью, степенью однородности.
3. Лабораторные. Приборы для лабораторного определения подразделяются на два типа:

– с постоянным напором, моделирующие установившиеся движение (универсальная трубка КФ, трубка Каменского);

– с переменным напором, моделирующие неустановившиеся движение (компрессионно-фильтрационный прибор типа Ф-1М)

4. Полевые методы.

Разновидности: методы налива в шурфы и методы откачек.

Методы определения  $K$  **наливом в шурфы** применяют для определения фильтрующей способности грунтов в зоне аэрации. Разновидности: метод *Болдырева* и метод *Нестерова*. Суть способов: вода наливается в шурфы и под действием гравитации инфильтруется вниз и стороны. Строится график зависимости расхода воды от времени. Коэффициент фильтрации определяется из формулы Дарси. Недостатки этого способа – недоучет растекания воды из шурфа в стороны и отсутствие учета действия капиллярных сил, за счет которых происходит дополнительное всасывание воды.

**Метод откачки** – применяется в водонасыщенных грунтах. Суть: бурится куст скважин, одна из которых является центральной, остальные наблюдательные. Из центральной производится откачка воды, в результате происходит воронкообразное понижение уровня грунтовых вод, которое носит название *депресссионная воронка*.

Теория движения подземных вод разработана применительно к определению притока воды к водозаборным сооружениям.

Водозаборным называются сооружения, с помощью которого производится захват (забор) подземных вод для водоснабжения и других целей.

Типы водозаборных сооружений:

1. Вертикальные (буровые скважины, колодцы, шурфы и вертикальные стволы шахт).

2. Горизонтальные (осушительные каналы, закрытые дренажи, штреки).

3. Лучевые (водосборные колодцы с водоприемными лучами-фильтрами).

4. Каптаж источников подземных вод.

Тип сооружения для забора воды выбирают исходя из глубины залегания водоносного пласта, его мощности, литологического состава водоносных пород и намечаемой производительности водозабора.

Вертикальные водозаборы любого назначения, вскрывающие грунтовые и безнапорные межпластовые воды, носят общее название грунтовые колодцы, а водозаборы, вскрывающие напорные воды, называются артезианскими колодцами.

Грунтовые и артезианские колодцы могут быть совершенными и несовершенными.

Совершенными называются колодцы, доведенные до водоупора и имеющие проницаемые стенки в пределах всей мощности водоносного пласта, а несовершенными – колодцы, не доведенные до водоупорного ложа.

Типы несовершенных колодцев:

1. С проницаемыми стенками и дном;

2. С непроницаемыми стенками и проницаемым дном;

3. С проницаемыми стенками и непроницаемым дном.

## **Тема IV. Инженерно-геологические изыскания**

Инженерно-геологическая съемка является комплексным методом изучения геологического строения местности, гидрогеологических условий, очагов развития геологических процессов для целей проектирования и строительства инженерных сооружений.

Цель – производственная оценка природных факторов с учетом технологии изысканий, технологии строительства и их экономической целесообразности.

Инженерно-геологическая съемка определяет все другие виды работ.

Комплекс работ по съемке состоит из трех этапов:

**I подготовительный** – состоит из дешифрирования аэроснимков, сбор литературных, фондовых, архивных данных.

**II полевой** –

а) описание и изучение естественных и искусственных обнажений горных пород (с отбором образцов и проб)

б) гидрогеологические наблюдения

в) геоморфологические наблюдения (рельеф)

г) размещение и проходка картировочных разведочных выработок

д) поиск и предварительная оценка месторождений строительных материалов

е) изучение причин деформации оснований сооружений и земляного полотна (при производстве съемочных работ на существующих ж.д.)

ж) необходимые топографические работы (абрис трассы)

з) текущая камеральная обработка материалов и составление предварительного отчета.

**III камеральный** – состоит из окончательной камеральной обработки, составления и защиты окончательного отчета, сдачи документов на хранение

Перечисленные наблюдения и сделанные выводы носят целенаправленный характер применительно к проектированию промышленных и гражданских сооружений (автомобильных и ж.д. сооружений)

Масштаб инженерно-геологической съемки устанавливается в зависимости от:

- стадии проектирования
- целевого направления
- сложности инженерно-геологических условий данной местности

Детальность инженерно-геологической съемки зависит от масштаба. *В зависимости от масштаба* инженерно-геологические съемки подразделяются на:

- мелкомасштабные от 1:500 000 и мельче
- среднемасштабные от 1:200 000 до 1:25 000
- крупномасштабные от 1:10 000 и крупнее

*По своему назначению* различают карты:

1. инженерно-геологических условий, составляемые для всех видов наземного строительства и используемые для общей оценки природных условий строительства объекта

2. инженерно-геологического районирования, которые составляются как для общих, так и для специальных целей на основе общности инженерно-геологических условий выделяемых площадей

3. специальные, составление которых осуществляется применительно к требованиям конкретного объема строительства

*Скважиной* называется горная выработка, имеющая при малом диаметре достаточно значительную длину. Началом скважины называется устья, а ее конец - забоем. Пространство от устья до забоя скважины называется стволом. Скважины могут быть вертикальные или наклонные.

Главное назначение скважины - извлечение нефти, газа или воды на поверхность, то есть скважина является каналом, соединяющим нефтяной, газовый или водяной пласт с поверхностью земли, а так же извлечение образцов грунта (керна) для изучения свойств грунта.

Классификация способов бурения

Бурение скважины шнековым способом. Шнек – это стальная труба, на которую навита спираль из стальной ленты. По внешнему виду напоминает шнек штопор или бур, которым рыбаки сверлят зимой лед. Между собой шнеки соединяются с помощью резьбы, шестигранника или шпонок. Шнековый способ буре-

ния заключается в разрушении породы благодаря вращению бура. Разрушенная порода поднимается по шнековой спирали вверх и удаляется из скважины. Высота породы по спирали шнека становится возможным потому, что шнек вращается быстрее, чем порода. Сила трения удаляется породы о стенки скважины больше силы трения породы о стальной шнек, поэтому порода не вращается вместе со шнеком, а скользит по нему. Подобно тому, как гайка, накручивая на болт, перемещается вдоль оси болта, удаляется порода перемещается вдоль оси шнека вверх. Шнековый способ бурения наиболее подходит для бурения неглубоких скважин в рыхлых и мягких породах. Шнековым способом бурят скважины 30-50 м.

Бурение скважины роторным способом. При роторном способе бурения скважины порода разрушается с помощью вращающегося бура. Вращение на бур передается от ротора, расположенного на поверхности, с помощью колонны буровых труб. Роторный способ позволяет бурить скважины диаметром от 76 мм до 215 мм. При использовании долот различного диаметра роторный способ позволяет бурить внутри обсадных труб. Чтобы закрепить стенки скважины и предотвратить обрушения, в скважину опускают обсадные трубы, а дальнейшее бурение проводят долотом меньшего диаметра.

Бурение скважины колонковым способом. Колонковый метод бурения состоит в том, вращающийся бур в форме кольца разрушает породу не по всему сечению забоя а только по краям. Разрушенная порода вымывается промывочной жидкостью, которая нагнетается в колонну буровых труб с помощью насоса. Внутренняя часть (кern) остается внутри труб. Периодически kern отрывают от дна и поднимают на поверхность.

Ударно-канатный способ бурения. Наиболее простой в технологическом плане способ ударно-канатного бурения скважины заключается в том, что буровое долото поднимают на тросе над забоем и затем отпускают. Долото ударяется о дно скважины и разрушает породу, которая затем удаляется с помощью желонки. Бурение скважин шнековым способом

Буровая установка – комплекс машин и механизмов, предназначенный для бурения, крепления скважин, а также шахтных стволов. Буровые установки для разведки месторождений полезных ископаемых, разработки месторождений нефти, газа, подземных вод и глубинных геологических исследований по способу монтажа и транспортировки разделяют на разборные (стационарные) и неразборные.

Разборные буровые установки предназначены для сооружения скважин глубиной 2000-10000 м.

Неразборные буровые установки, разделяют на самоходные и несамоходные.

Самоходные буровые установки постоянно смонтированные на транспортном средстве (автомашине, тракторе, самоходной буровой основе, буровом судне).

Несамоходные буровые установки перевозимых на транспортном средстве, не имеет двигателя.

**Горно-проходческие работы** – это комплекс геологических работ, выполняемых с помощью технических средств. С помощью буровых скважин и выработок выясняют геологическое строение и гидрогеологические условия строительной

площадки на необходимую глубину, отбирают пробы грунтов и подземных вод, проводят опытные работы и стационарные наблюдения.

Разведочные выработки располагают в зависимости от размещения фундаментов – по периметру или по осям здания. Количество выработок зависит от ряда факторов, в том числе от этажности здания и сложности геологического строения площадки.

Горные выработки дают возможность получить более точные и достаточные данные, которые можно посмотреть в естественном залегании.

Наиболее распространенным видом горных выработок является шурф. Применяют еще расчистки, канавы, штольни.

Шурф – колодцеобразная вертикальная горная выработка прямоугольного или круглого сечения, проходима с поверхности до глубины 20 м. Шурф круглого сечения называют дудкой. Наиболее распространен на изысканиях шурфы глубиной 3–5 м (на практике 3 м), сечением  $1 \times 1,25 \text{ м}^2$ , большего сечения  $> 2 \text{ м}^2$  для проведения опытных работ.

Проходка шурфа осуществляется – ручным способом (лопатой) и механизированным способом (шурфопроходческие установки, шурфобуры (круглые шурфы до 10–30 м и диаметром до 900 мм)).

По мере проходки шурфа непрерывно ведут шурфовочный журнал, где записывают данные о вскрываемых породах, условиях их залегания, появлении грунтовых вод; производят отбор образцов, составляют зарисовку шурфа по всем четырем сторонам.

Недостатком шурфования является высокая стоимость и трудоемкость работ, особенно в водонасыщенных породах.

Расчистка – неглубокие выработки, применяемые для снятия маломощного покрова делювия или элювия со склонов.

Канавы (траншея) – узкие и неглубокие (до 2 м) открытые выработки, осуществляются обычно вручную, с целью обнажения коренных пород, лежащих под наносами. Канавы проходятся перпендикулярно к направлению падения пород.

Штольни – подземные горизонтальные выработки, обычно на склонах вглубь скальных массивов.

Геофизической разведкой называется один из видов геологической работы, выполняемой с помощью геофизических приборов для изучения геологических условий территорий.

#### **Задачи:**

1) выявлять структурно-тектонические особенности участка, разделяя его на части в зависимости от расположения геологических структур, тектонических нарушений;

2) изучать геологический разрез, выделяя в нем распространения однородных толщ;

3) изучать распространение четвертичных отложений и рельеф поверхности коренных пород, мест размывов;

4) выделять и изучать распространение зон выветривания и разрушения горных пород;

5) выявлять и прослеживать распространение зон повышенной трещиноватости, тектонических нарушений;

6) выявлять глубину залегания и распространения водопроницаемых и водупорных горных пород;

7) исследовать глубину и условия залегания подземных вод, направление и скорость их движения и устанавливать области питания и разгрузки;

8) изучать глубину залегания, мощность, распространение многолетней мерзлоты и ее строение;

9) изучать глубину залегания и распространения участков закарстованных горных пород, выявлять карстовые полости;

10) устанавливать расположение подземных горных выработок, остатков или частей сооружений;

11) выявлять мощность и распространение оползневых накоплений, искусственно отсыпанных пород и отвалов;

12) производить поиски и предварительную разведку некоторых видов минеральных строительных материалов;

13) исследовать влажность, плотность, деформационные свойства;

14) исследовать напряженное состояние горных пород.

Геофизические методы разведки позволяют успешно решать задачи только тогда, когда наблюдается определенная неоднородность геологической среды, т. е. когда в ее пределах горные породы различаются по физическому состоянию (влажность, разрушенность, трещиноватость и др.) и свойствам (удельное электрическое сопротивление, плотность, магнитная восприимчивость и др.)

В практике инженерных изысканий применяют следующие геофизические методы:

- электрические;
- сейсмические;
- гравиметрические;
- магнитометрические;
- ядерные.

Из *электроразведочных* методов наиболее часто применяют методы, основанные на различной способности горных пород проводить постоянный электрический ток:

- 1) вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ);
- 2) электропрофилеирование (ЭП);
- 3) электрический каротаж (ЭК).

Факторы, влияющие на электрическое сопротивление горных пород: удельное сопротивление насыщающей горные породы воды, ее количества, минерализации.

Основой *сейсморазведочных* методов является скорость распространения упругих волн, возбуждаемых в горных породах взрывами, ударами или вибрационными установками.

В полевой сейсморазведке используют следующие методы:

- 1) метод отраженных волн (МОВ);

- 2) метод преломленных волн (МПВ);
- 3) корреляционный метод преломленных волн (КМПВ).

*Ядерные* методы разведки подразделяются на две группы:

- 1) методы, основанные на изучении естественной радиоактивности горных пород, подземных и поверхностных вод и воздуха;
- 2) методы, в которых используются явления, возникающие в результате искусственного облучения горных пород нейтронами или гамма-излучениями.

Исследование грунтов в полевых условиях позволяет определять значения характеристик физико-механических свойств грунтов в условиях естественного залегания грунтов без разрушения их структуры и текстуры, с сохранением режима влажности. Здесь лучше, чем по результатам лабораторных анализов, моделируется работа массивов грунтов в основаниях зданий и сооружений

К полевым опытным работам относятся:

1. полевые испытания грунтов для определения деформационных и прочностных характеристик
2. опытно-фильтрационные работы при гидрогеологических исследованиях – см. вопрос 18 – это метод налива в шурфы (Болдырева и Нестерова), метод опытных откачек

К полевым методам определения сравнительной сжимаемости и деформационных свойств относятся: метод пробных статических нагрузок в шурфах и скважинах; прессиометрия; зондирование; вращательный срез

*А) Метод пробных статических нагрузок в шурфах и скважинах (метод штампов)*

В нескальных грунтах на дне шурфов или скважин устанавливают штампы, на которые передают назагрузки.

*Штамп в шурфе* – это железобетонная плита. Форма штампа находится в зависимости от фундамента, который он моделирует, и может быть различной, но чаще плита круглая площадью  $5000 \text{ см}^2$ . Для создания под штампом заданного напряжения применяют домкраты или платформы с грузом.

Испытание грунтов может проводиться и в скважинах диаметром более 320 мм, на забой скважины опускают штамп площадью  $600 \text{ см}^2$ , нагрузка на штамп передается через штангу, на которой располагается платформа с грузом.

Осадку штампов измеряют прогибомерами. Загрузку штампа производят ступенями и выдерживают определенное время. Значение нагрузки устанавливается в зависимости от вида грунта и его состояния.

В итоге работы строят графики: осадки штампа от давления; осадки штампа во времени по ступеням нагрузки. После этого вычисляют модуль деформации грунта  $E$ , МПа.

*Б) Прессиометрия* – вид испытания на сжатия применяется для определения модуля общей деформации глинистых грунтов в скважинах на глубине до 20 м от поверхности земли. Сущность метода заключается в обжатии грунта в скважине с измерением давления обжатия и соответствующих этому давлению деформаций. Прессиометр представляет собой цилиндрическую камеру с эластичными стенка-

ми, устанавливаются в скважине на определенную глубину. Используются два типа конструкции прессиометра: гидравлические и пневматические.

*В) Зондирование (пенетрация).* Используется для изучения состава и свойств песчано-глинистых пород на глубину 15–20 м.

Сущность метода в определении сопротивления проникновению в грунт металлического наконечника – зонда. Зондирование дает представление о плотности и прочности грунтов на определенной глубине и характеризует изменение в вертикальном разрезе.

По способу погружения различают зондирование динамическое и статическое. При динамическом – фиксируется глубина погружения зонда, число ударов – залог; при статическом – глубина погружения, усилие для задавливания зонда.

Статическое зондирование позволяет:

- расчленить толщу грунтов на отдельные слои;
- определить глубину залегания скальных и крупнообломочных грунтов;
- оценить качество искусственно уплотненных грунтов;
- измерить мощность органогенных грунтов на болотах.

Динамическое зондирование позволяет определить:

- мощность толщ четвертичных отложений;
- границы между слоями;
- степень уплотнения насыпных и намывных грунтов.

Скоростной метод – пенетрационно-каротажный. Данные получают с помощью пенетрационно-каротажной станции СПК.

*Г) Метод вращательного среза* – применяется в пластичных глинистых породах для определения сопротивления сдвигу.

Сущность метода состоит в измерении крутящих моментов при вращении в грунте крестообразного наконечника крыльчатки. Крыльчатый четырехлопостной зонд опускается в забой скважины вдавливается в грунт и поворачивается. При этом измеряют крутящий момент и рассчитывается сопротивление сдвигу

$$\tau = M_{\text{крут}}/K$$

K – постоянная крыльчатки

## **Тема V. Гидрогеологические условия и охрана геологической среды Беларуси**

Гидрогеологические условия Беларуси определяются структурно-тектоническим строением кристаллического фундамента и особенностями генезиса осадочного чехла, в частности – четвертичных отложений. Крупная положительная структура – Белорусский массив – является областью питания, формирования и стока напорных пресных вод в окружающие его впадины – Прибалтийскую, Оршанскую, Припятскую и Брестскую.

**Прибалтийский бассейн** площадью 38322 км<sup>2</sup> расположен на северо-западе Беларуси. Воды залегают в трещинах пород кристаллического фундамента и в водоносных отложениях разных геологических периодов и в четвертичных отложениях. Они относятся к сульфатным и сульфатно-хлоридным. Выделяется три яруса водоносных комплексов - нижний, средний и верхний, – которые гидравли-

чески взаимосвязаны. Воды слабо минерализованы; их минерализация повышается с глубиной до 50 г/л.

**Оршанский бассейн** площадью 71319 км<sup>2</sup> является западной частью Московского бассейна. В нем выделены две гидродинамические зоны – активного и замедленного водообмена: первая объединяет пресные воды четвертичных, меловых и девонских отложений; вторая, расположенная на глубине более 800 м, с минерализацией вод до 163 г/л, не имеет активной связи с поверхностью.

**Припятский бассейн** площадью 65715 км<sup>2</sup> на юге сливается с *Днепровско-Донецким артезианским бассейном*. В нем выделяется три водоносных яруса: нижний – с замедленным водообменом и минерализацией вод до 440 г/л; средний – воды в известняках, мергелях, доломитах и песках и минерализацией до 50 г/л; верхний – пресные воды в юрских, меловых и четвертичных, преимущественно в межморенных отложениях.

**Брестский бассейн** площадью 31619 км<sup>2</sup> является восточной частью Полеского погружения. В нем выделен ряд водоносных горизонтов между водоупорами. В кристаллическом трещиноватом фундаменте залегают трещинные воды. Выше расположены воды в трещиноватых песчаниках, известняках, доломитах, мергелях и мелах. Минерализация вод повышается с глубиной до 12,2 г/л.

Областями питания всех артезианских бассейнов являются склоны Белорусского массива, седловины и прилегающие поднятия вне границ республики; областями разгрузки служат прилегающие погружения, соединенные с бассейнами Балтийского и Черного морей. Часть вод разгружается по долинам рек и их притоков.

На всей территории республики широко распространены напорные воды в межморенных флювиогляциальных отложениях. Они вместе с водами палеогена, мела и девона дают около 80% подземного стока и широко используются в водоснабжении.

Поскольку геологическая среда должна обеспечивать основные изолирующие функции, оценка пригодности геологических формаций для размещения объектов с отходами производится исходя из потенциальной опасности захораниваемых отходов, их воздействия на грунты, поверхностные и подземные воды.

Факторы, определяющие выбор геологической среды:

- строение и состав горных пород (грунтов) выбранной для захоронения геологической формации;
- литологический состав подстилающей толщи (пески, супеси, суглинки, глины и т.д.);
- физико-механические свойства грунтов (однородность, проницаемость, пористость, дисперсность, минеральный состав, фильтрационные и сорбционные свойства и т.п.);
- местные гидрологические и гидрогеологические условия (гидрологический режим поверхностного стока; уровень залегания, направление и скорость движения подземных вод и пр.).

Все эти факторы определяют возможность выноса загрязнителей за пределы объекта, технологии и герметичность захоронения.

Положение относительно грунтовых вод. Определение достаточного расстояния между запланированным основанием полигона и возможным наивысшим уровнем грунтовых вод вытекает из требований:

- отсутствия контакта между грунтовыми водами и захораниваемыми отходами (подтопление);
- наличия свободного от противодействия земляного полотна;
- наличия достаточно мощной ненасыщенной зоны между основанием хранилищ и уровнем грунтовых вод (величина, определяющая возможность / невозможность выноса загрязнителей из основания хранилища). Расстояние между основанием хранилища и грунтовыми водами при их наивысшем стоянии должно быть не менее 5,0 м от прогнозного уровня грунтовых вод (см. СНиП 2.06.15-85 "Инженерная защита территории от затопления и подтопления").

Области с высокой водопроницаемостью грунтов. Этот критерий служит для того, чтобы исключить из поисков те площади, которые характеризуются повышенной водопроницаемостью, и, в связи с этим, повышенным риском загрязнения грунтовых вод без принятия технически эффективных контрмер (карстующиеся породы в основании, преимущественно песчаные разрезы и пр.).

Старые районы добычи минерального сырья. Эти территории, как правило, характеризуются нарушенными основаниями в связи с неравномерными просадками. Чтобы гарантировать длительную безопасность хранилища, следует считаться с этим критерием.

Неотектоническая активность и сейсмичность территории. Этот критерий должен учитываться во избежание риска нарушения герметичности хранилища или появления активных каналов оттока загрязнителей вследствие неотектонических подвижек в их основании.

Степень устойчивости природной системы к воздействию объектов с отходами. Факторы устойчивости делятся на две группы:

1. обеспечивающие полную или частичную изоляцию природной среды от эмиссий полигона (водоупорные отложения в основании хранилища, защитные барьеры на пути поверхностного распространения загрязнителей и пр.);
2. способность природной среды к самопроизвольному восстановлению (самоочищение, биологическое воспроизводство и пр.).

Защищенность подземных вод определяется эффективностью гидроизоляции водоносного горизонта слабопроницаемыми отложениями, препятствующими проникновению загрязняющих веществ с поверхности земли в подземные воды. К слабопроницаемым принято относить отложения (супеси, суглинки, глины и др.), коэффициент фильтрации которых меньше 0,1 м/сут.

Степень защищенности подземных вод определяется рядом условий:

- природных (геолого-гидрогеологические, геоморфологические, гидрологические и др.);
- техногенных (характер нахождения загрязняющих веществ на поверхности земли и проникновения их в подземные воды для жидких отходов - за счет фильтрации и диффузии, для твердых - главным образом за счет диффузии);
- физико-химических (период полураспада загрязнителей, их сорбционная способность и др.).

Оценка степени защищенности грунтовых вод может быть качественной и количественной. Качественная оценка основывается на природных факторах, выпол-

няется при региональных исследованиях по сумме признаков, характеризующих глубину залегания уровня грунтовых вод, мощность слабопроницаемых отложений, их литологию и фильтрационные свойства. Количественная оценка выполняется при детальных исследованиях на локальных участках и исходит из времени вертикальной фильтрации до уровня грунтовых вод, которое находится расчетным путем. Чем больше время фильтрации, тем лучше условия защищенности.

При добыче полезных ископаемых разрушается как поверхность земли, так и её глубинная часть (фундамент). Особенно значительный ущерб земельным ресурсам нанесен при разработке месторождений калийных солей ПО «Беларускалий». За время его существования из сельскохозяйственного оборота изъято около 5000 га земель, в том числе около 1440 га под солеотвалы и хвостохранилища. Высота отвалов достигает 40...80 м, шлакоохранилищ – 10...15 м, в них накоплено около 350 млн. тонн отходов. Влияние горных работ сказалось на площади 12...13 тыс. га. Произошли засоления подземных вод до глубины 8...120 м, просадки земной поверхности, деформация пород над горными выработками и под телом солеотвалов, заболачивание земель.

Обширные площади земель нарушены в результате промышленной добычи торфа. Всего за последние 50 лет в Беларуси добыча торфа велась из 1377 месторождений (при общем их количестве 9192).

Площадь нарушенных земель на начало 1997 г. составляла 40,0 тыс.га, или 0,2 % от общей площади республики, в том числе нарушенных при разработке полезных ископаемых – 9,8 тыс. га, при торфоразработках – 22,4, при проведении строительных работ – 7,6, при добыче сапропелей – 0,2 тыс. га. Кроме того, к этим землям следует отнести находящиеся в настоящее время в эксплуатации торфяные месторождения (29,1 тыс. га). Площади нарушенных земель и земель торфяных месторождений, находящихся в эксплуатации, в 1996 г. в сравнении с 1990 г. сократились соответственно на 4,6 и 31,1 тыс. га. Наибольшая площадь нарушенных земель в Минской (12,7 тыс. га) и Гомельской (10,5 тыс. га) областях. В Минской области при добыче торфа нарушено 8,7 тыс. га земель при проведении строительных работ и 5,1 тыс. га – при торфоразработках. В других областях республики площади нарушенных земель находятся в пределах от 3,0 тыс. га (Могилевская область) до 6,0 тыс. га (Витебская область).

Одним из средств восстановления ландшафтов, нарушенных добычей нерудных ископаемых и выработанных торфяных месторождений, а также улучшения санитарно-гигиенических условий природной среды являются рекультивационные мероприятия. Под рекультивацией земель (от латинского ге... приставка, означающая возобновление + позднелатинское *cultivo* – обрабатываю, возделываю) понимается комплекс мероприятий по восстановлению продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель.

Рекультивационные работы в Республике Беларусь начали организованно проводиться лишь после принятия постановления правительства «О мерах по упорядочению и использованию отработанных площадей торфяных месторождений и карьеров нерудных строительных материалов в 1961 г. Государственной программой охраны и рационального использования земель, утвержденной по-

становлением Кабинета Министров РБ № 183 от ноября 1994 г. предусматривалось за 1996...2000 гг. провести работы по рекультивации нарушенных земель на площади 31,2 тыс. га».

Контроль за снятием, хранением и использованием плодородного слоя почвы возложен на инспекцию Госконтроля Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды. Министерства и ведомства, предприятия, организации и учреждения, осуществляющие промышленное или другое иное строительство, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых, а также проводящие другие работы, связанные с нарушением почвенного покрова, обязаны снимать, хранить и наносить плодородный слой почвы на рекультивируемые земли или малопродуктивные угодья.

Условия хранения, порядок использования снятого плодородного слоя определяется органами, предоставляющими земельные участки.

Рекультивируемые земли могут быть использованы для создания продуктивных сельскохозяйственных угодий, лесов, водоемов различного назначения, объектов отдыха и санитарных зон, мест застройки, а также использованы как консерванты нарушенных земель, оказывающих отрицательное влияние на окружающую среду.

Объектами рекультивации являются: выемки карьеров, выработки торфа; деформированные поверхности шахтных полей, породные отвалы шахт и карьеров; золоотвалы электростанций; отвалы шлака металлургических заводов; полосы, резервы и кавальеры вдоль каналов, железных и шоссейных дорог; трассы трубопроводов; площадки буровых скважин, промплощадки и транспортные коммуникации ликвидированных (отработанных) предприятий и отдельных объектов; загрязненные земли на нефтяных и других месторождениях и т.д.

Работы по рекультивации земель, как правило, выполняются последовательно в два этапа: а) техническая рекультивация; б) биологическая рекультивация.

Целью технической рекультивации является подготовка нарушенной поверхности для последующей биологической рекультивации.

Техническая рекультивация включает: снятие плодородного слоя почвы до начала работ, связанных с нарушением почвенного покрова, формирование оптимальных по геометрическим параметрам отвалов, карьеров и других объектов, отдельную разработку и отвалообразование вскрышных пород и отходов обогащения, планировку поверхности, выполаживание и террасирование откосов отвалов, бортов карьеров, шахтных провалов, устройство въездов и дорог; нанесение плодородного слоя почвы.

Земельные участки, рекультивируемые для использования в сельском хозяйстве, должны быть спланированы, покрыты плодородным слоем почвы, мощностью не менее чем на смежных площадях аналогичных видов угодий. Участки должны быть удобными для выполнения сельскохозяйственных работ с применением современных машин, иметь уровень грунтовых вод, обеспечивающий оптимальные условия для произрастания растений.

## 1.2 ПЕРЕЧЕНЬ ПРЕЗЕНТАЦИЙ

### Тема – *Введение*

- История развития Земли (24 слайда)
- Внутреннее строение нашей планеты (18 слайдов)
- Природные чудеса света (37 слайдов)
- Научные гипотезы происхождения солнечной системы (14 слайдов)
- Строение Земного шара (12 слайдов)

### Тема – *Минералогия и петрография*

- Классификация минералов (25 слайда)
- Магматические горные породы (16 слайдов)
- Структура и текстура магматических горных пород (19 слайдов)
- Кристаллическая форма минералов (27 слайдов)
- Физические свойства минералов (24 слайда)
- Шкала Мооса (28 слайдов)
- Классификация осадочных горных пород (15 слайдов)
- Происхождение названий минералов (27 слайдо)

### Тема – *Эндогенные процессы*

- Землетрясения (16 слайдов)
- Тектоника (12 слайдов)
- Сейсмические пояса Земли (10 слайдов)

### Тема – *Экзогенные процессы*

- Геологическая работа ветра (16 слайдов)
- Геологическая работа ледников (18 слайдов)
- Геологическая деятельность рек (15 слайдов)
- Геологические процессы, изменяющие рельеф (32 слайда)
- Выветривание (23 слайда)
- Аллювиальные процессы (25 слайдов)
- Оврагообразование (31 слайд)

### Тема – *Гидрогеология*

- Артезианские воды (12 слайдов)
- Водообмен и режим подземных вод (22 слайда)
- Гидрогеология (13+15 слайдов)

### Тема – *Грунтоведение*

- Механические свойства грунтов (27 слайдов)
- Техническая мелиорация грунтов (27 слайдов)
- Физические свойства грунтов основания (7 слайдов)

- Лабораторные и полевые методы определения физических свойств грунтов (12 слайдов)
- Консолидация грунтов (9 слайдов)
- Методика отбора проб грунта на глубине (17 слайдов)

Тема – *Процессы, влияющие на устойчивость грунтов и сооружений*

- Многолетняя мерзлота (20 слайдов)
- Процессы и явления в зоне вечной мерзлоты (16 слайдов)
- Карст (23 слайда)
- Осыпи (13 слайдов)
- Суффозия (14 слайдов)
- Геологически опасные явления (16 слайдов)
- Склоновые процессы (16 слайдов)
- Физико-геологические процессы, влияющие на устойчивость грунтов (26 слайдов)

Тема – *Инженерно-геологические изыскания*

- Бурение (24 слайда)
- Буровые работы (16 слайдов)
- Горно-проходческие работы (16 слайды)
- Горные выработки (13 слайдов)
- Инженерно-геологические изыскания (60 слайдов)
- Полевые методы геологического и геофизического изучения горных пород (36 слайдов)
- Геофизические методы (16 слайдов)

### 1.3 ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Автор, наименование учебника	Количество экземпляров в научно-технической библиотеке
Седенко М.В. Геология, гидрогеология и инженерная геология. Изд. 2-е, Минск: Высш. шк., 1975, 384 с.	241
Пешковский Л.М., Перескокова Т. М. Инженерная геология. М., 1982, 340 с.	2
Ананьев В.П., Коробкин В.И. Инженерная геология. М.: Высш. шк., 1973, 299 с.	1
Маслов Н.Н., Котов М.Ф. Инженерная геология. М.: Стройиздат, 1971.	7
Фролов А.Ф., Коротких И.В. Инженерная геология: Учебное пособие для гидрогеологических специальностей. М.: Недра, 1983, 332 с.	1
Черноусов С.И. Инженерная геология. Новосибирск: СГУПС, 1999, 75 с.	5
Шварцев С.Л. Общая гидрогеология. М.: Недра, 1996, 422 с.	2
Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М.: Высш. шк., 1982	5
Гальперин А.М., Зайцев В.С., Норватов Ю.А. Гидрогеология и инженерная геология. М.: Недра, 1989, 382 с.	1
Климентов П.П., Богданов Г.Я. Общая гидрогеология. М.: Недра, 1977, 366 с.	
Богомоллов Г.В., Шпаков О.Н. Гидрогеология с основами инженерной геологии: учебное пособие. М., 1975.	
Гидрология и гидротехнические сооружения: Учебное пособие/ под ред. Н.Н. Смирнова. М.: Высш. шк., 1988, 471 с.	1
Короновский Н.В. Геология: Учебник для вузов. М.: Академия, 2003, 445 с.	1
Практикум по гидрогеологии: Учебник для техникумов. М.: Стройиздат, 1996	3

## 1.4 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА

1.4.1 Беспалова М.В. Журнал лабораторных работ по дисциплинам «Инженерная геология», «Дорожное грунтоведение, механика земляного полотна», БелГУТ, Гомель, 2005. – 200 экз. на кафедре, электронный вариант)

1.4.2 Беспалова М.В. Инженерная геология. В 4 ч. Ч. I. Породообразующие минералы: лаб. практикум. Гомель: БелГУТ, 2010. – 38 с. (500 экземпляров – в библиотеке университета, 30 экземпляров – на кафедре, электронный вариант).

1.4.3 Беспалова М.В. Инженерная геология. В 4 ч. Ч. II. Горные породы: лаб. практикум. Гомель: БелГУТ, 2011. – 46 с. (500 экземпляров – в библиотеке университета, 30 экземпляров – на кафедре, электронный вариант).

1.4.4 Беспалова М.В. Инженерная геология. В 4 ч. Ч. III. Гидрогеологические карты и расчеты: лаб. практикум. Гомель: БелГУТ, 2013. – 32 с. (500 экземпляров – в библиотеке университета, 30 экземпляров – на кафедре, электронный вариант).

1.4.5 Беспалова М.В. Инженерная геология. В 4 ч. Ч. IV. Геологические карты и разрезы: лаб. практикум. Гомель: БелГУТ, 2014. – 44 с. (500 экземпляров – в библиотеке университета, 30 экземпляров – на кафедре, электронный вариант).

## **2 ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

## 2.1 СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ (32 часа)

### ***Лабораторная работа № 1 – Породообразующие минералы – 4 часа.***

Практическое определение свойств минералов по специально подобранной коллекции, заполнение соответствующих таблиц журнала. При макроскопическом изучении образцов минералов определение их цвета, цвета черты, блеска, спайности, твердости, реакции с соляной кислотой. Сопоставление и уточнение полученных данных с имеющимся описанием минералов.

Изучение шкалы Мооса, составление из имеющихся минералов, определение при помощи шкалы твердости образцов. Практическое применение минералов в строительстве. Производство искусственных минералов.

### ***Лабораторная работа № 2 – Магматические горные породы – 4 часа.***

Практическое определение свойств магматических горных пород по специально подобранной коллекции, заполнение соответствующих таблиц журнала. При макроскопическом изучении образцов магматических горных пород определение их цвета, блеска, структуры и текстуры. Сопоставление и уточнение полученных данных с имеющимся описанием магматических горных пород.

Изучение форм залегания магматических пород. Месторождения магматических пород, использование пород как строительных материалов, практическое применение.

### ***Лабораторная работа № 3 – Осадочные горные породы – 4 часа.***

Практическое определение свойств осадочных горных пород по специально подобранной коллекции, заполнение соответствующих таблиц журнала. При макроскопическом изучении образцов осадочных горных пород определение их цвета, структуры и текстуры. Сопоставление и уточнение полученных данных с имеющимся описанием осадочных горных пород.

Изучение условий образования осадочных горных пород, использование пород как строительных материалов, практическое применение.

### ***Лабораторная работа № 4 – Метаморфические горные породы – 2 часа.***

Практическое определение свойств метаморфических горных пород по специально подобранной коллекции, заполнение соответствующих таблиц журнала. При макроскопическом изучении образцов метаморфических горных пород определение их цвета, структуры и текстуры. Сопоставление и уточнение полученных данных с имеющимся описанием метаморфических горных пород.

### ***Лабораторная работа № 5 – Основы геохронологии. Определение возраста и стратиграфической последовательности их образования – 4 часа.***

Пользуясь геохронологической шкалой расположить предложенные геологические периоды в хронологическом порядке, написав их условные буквенные обозначения. Указать между породами какого возраста имеется стратиграфический перерыв.

Прочитать наименование и относительный возраст, предложенных магматических горных пород (приведены условные обозначения состава и возраст). Определить какая из пород образовалась раньше.

Прочитать наименование и относительный возраст, предложенных четвертичных отложений (приведены условные обозначения условий образований и возраст). Определить какая из пород образовалась раньше.

Расположить индексы эр в геохронологической последовательности от древнейших к современным.

Назвать периоды предложенных эр и расположить их в стратиграфической последовательности.

***Лабораторная работа № 6 – Построение карты гидроизогипс, топографического и геологического профиля – 6 часов.***

Необходимо по предложенным вариантам:

1 Подсчитать абсолютные отметки уровня грунтовых вод в скважинах.

2 Построить карту гидроизогипс по отметкам уровня грунтовых вод методом интерполяции (сечение гидроизогипс через 1 м).

3 Вычислить по карте скорость движения подземных вод при коэффициенте фильтрации, равном 8 м/сут.

4 Определить направление движения подземных вод в отдельных пунктах карты.

5 Вычислить абсолютные отметки поверхности земли и поверхности воды на пикетах.

6 Построить топографический и гидрогеологический профиль по железнодорожной трассе.

7 Показать на топографическом профиле проектную линию максимального углубления выемки с учетом высоты капиллярного поднятия  $h_{\text{кап}} = 1,5$  м.

***Лабораторная работа № 7 – Построение геологической колонки – 4 часа.***

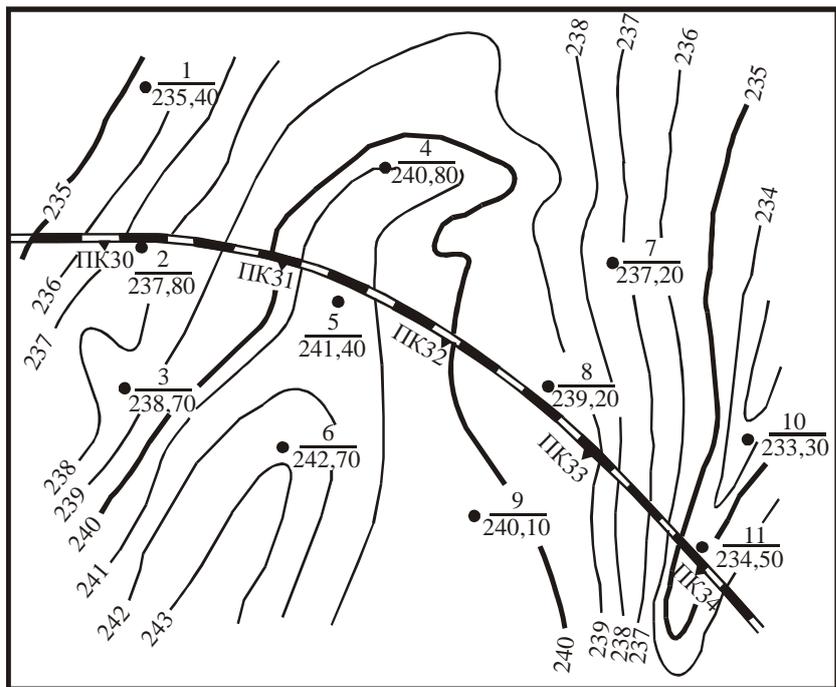
Необходимо используя описание буровых скважин построить геологическую колонку скважины на миллиметровой бумаге формата А 4.

***Лабораторная работа № 8 – Построение геологического разреза – 4 часа.***

Необходимо используя описание четырех буровых скважин построить геологический разрез в заданном масштабе на миллиметровой бумаге формата А 4.

## 2.2 ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

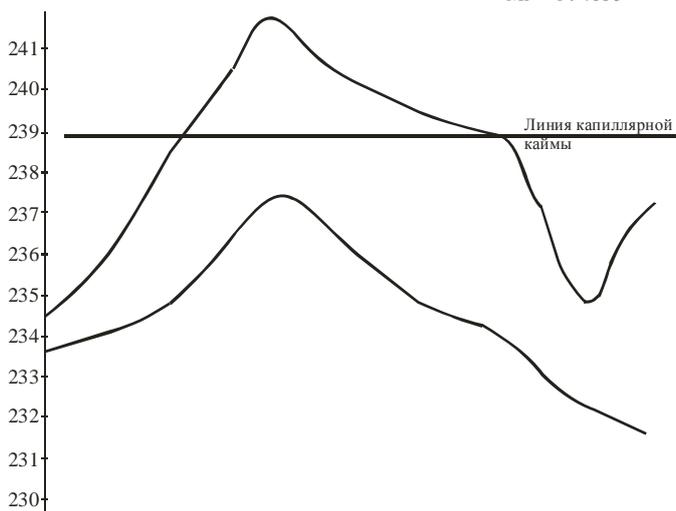
а)



б)

Топографический и гидрогеологический профиль по железнодорожной трассе

$M_n = 1 : 100$   
 $M_r = 1 : 4000$



Расстояние, м									
Пикеты	30	31	32	33	34				
Абсолютные отметки поверхности земли	236,01	238,39	240,35	241,23	240,16	239,49	239,05	237,10	235,09
Абсолютные отметки поверхности грунтовых вод	234,19	234,90	236,40	237,25	236,01	234,91	234,36	233,09	232,12
									231,61

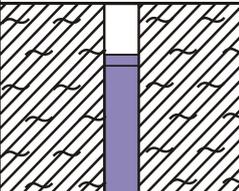
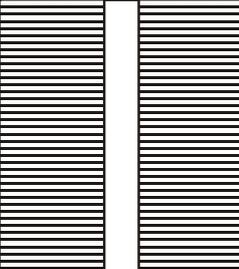
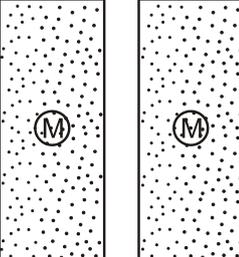
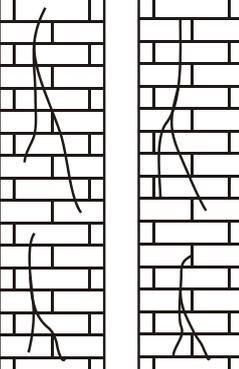
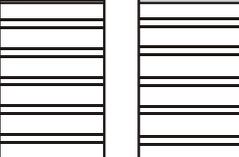
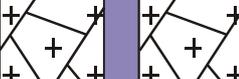
Пример оформления графической части лабораторной работы № 6: а) построение карты гидроизогипс; б) построение топографического и гидрогеологического профиля

## Геологическая колонка буровой скважины № 41

Абсолютная отметка устья – 140,1 м

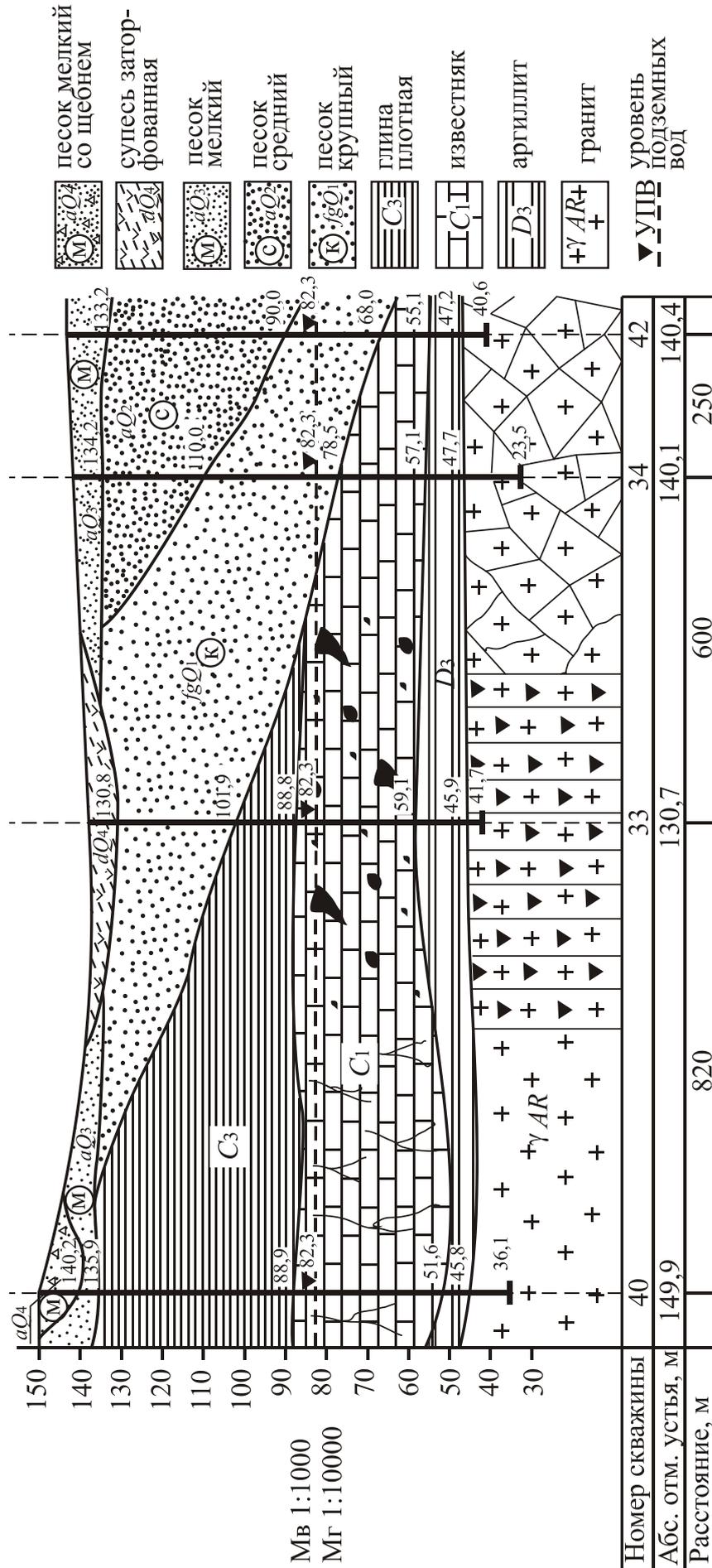
Абсолютная отметка забоя – 54,2 м

М 1 : 200

Глубина, м	Номер слоя	Геологический возраст	Мощность слоя, м	Абс. отм. подошвы слоя, м	Колонка	Абс. отм. уровня подземных вод, м	Описание пород	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1	$fgQ_4$	5,5	134,6		138,6	Суглинок бурый иловатый	
2						138,4		
3								
4								
5								
6	2	$eQ_3$	14,9	119,7		134,6	Глина плотная	
?								
15								
16								
17								
18	3	$eQ_1$	18,4	101,3		1,5 м над устьем	Песок жёлтый мелкий	
19								
20								
21								
22								
?	4	$C_1$	39,8	61,5			Известняк трещиноватый	
35								
36								
37								
38								
39	5	$D_3$	4,3	57,2			Аргиллит	
40								
41								
42								
43								
44	6	$\gamma AR$	3,0	54,2		57,2	Гранит трещиноватый	
45								
46								
47								
48								

Пример оформления геологической колонки (к лабораторной работе № 7)

Геологический разрез по линии скважин 40-33-34-42



Пример оформления геологического разреза (к лабораторной работе № 8)

## **3 РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ**

### 3.1 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Геология и ее научные дисциплины, методы науки. Содержание инженерной геологии как науки и ее научные направления.
2. Основные сведения о Земле. Научные гипотезы происхождения солнечной системы.
3. Физические параметры Земли. Внутренние оболочки Земли.
4. Внешние оболочки Земли.
5. Определение минерала, физические свойства минералов.
6. Классификация минералов. Представители каждого класса, химические формулы.
7. Петрография. Горные породы. Основные генетические типы горных пород (определения). Определение понятий «структура», «текстура».
8. Магматические породы (классификация, формы залегания).
9. Структура, текстура, трещиноватость магматических пород, их инженерно-геологическая характеристика, использование в строительстве.
10. Метаморфические породы (классификации, типы метаморфизма).
11. Инженерно-геологическая характеристика метаморфических пород, использование их в строительстве.
12. Общая характеристика осадочных горных пород, их особенности, стадии формирования. Классификация.
13. Классификация обломочных горных пород, их инженерно-геологическая характеристика, использование в строительстве.
14. Органогенные, хемогенные и породы смешанного происхождения. Использование в строительстве.
15. Стратиграфия. Относительный и абсолютный возраст горных пород. Методы определения абсолютного возраста горных пород. Геохронологическая шкала.
16. Гидрогеология как наука. Гипотезы происхождения подземных вод.
17. Учет гидрогеологических условий при строительстве. Режим подземных вод. Главные причины колебаний уровня грунтовых вод.
18. Классификация подземных вод по условиям залегания. Верховодка и грунтовые воды.
19. Артезианские воды. Классификация подземных вод по гидравлическим свойствам.
20. Физические свойства и химический состав подземных вод.
21. Динамика подземных вод. Закон Дарси. Закон Краснопольского.
22. Коэффициент фильтрации. От чего зависит. Методы определения.
23. Начальный градиент фильтрации, определение, схема, с какими связан процессами. Типы водозаборов.
24. Грунтоведение. Задачи грунтоведения. Определение понятий «грунт», «искусственный грунт». Структурные связи в грунтах.
25. Фазовый состав грунта. Виды воды в грунтах.
26. Классификация грунтов по СТБ 943-2007.
27. Крупнообломочные и песчаные грунты. Классификация.
28. Глинистые грунты. Пластичность, консистенция, липкость, набухание, усадка.
29. Классификационные характеристики глинистых грунтов. Использование глины в строительстве.
30. Гранулометрический состав грунтов. Методы его определения и области применения.

31. Физические свойства грунтов (плотность грунта, плотность частиц, плотность скелета грунта, плотность грунта под водой).
32. Физические свойства грунтов (влажность, степень влажности, пористость, коэффициент пористости).
33. Механические свойства грунтов. Показатели прочностных свойств.
34. Механические свойства грунтов. Показатели деформационных свойств.
35. Теплофизические, электрические, капиллярные свойства грунтов.
36. Лессовые грунты, состав, особенности и происхождение. Просадочные явления в лессовых грунтах.
37. Инженерно-геологическая характеристика илов, торфов и заторфованных грунтов.
38. Инженерно-геологическая характеристика насыпных, намывных и засоленных грунтов.
39. Тектонические движения, классификация (формы складок, разрывных нарушений, геосинклинали, платформы).
40. Сейсмические явления (виды землетрясений, причины, интенсивность, магнитуда).
41. Выветривание горных пород (определение, типы, грунты).
42. Оврагообразование. Сели.
43. Геологическая работа рек. Типы долин, речные отложения.
44. Геологическая работа ледников.
45. Геологическая работа морей, озер и водохранилищ.
46. Геологическая работа ветра.
47. Болота, заболоченные территории.
48. Плывуны, зыбучие пески.
49. Обвальные явления и суффозия.
50. Карст. Классификации, причины, противокарстовые мероприятия.
51. Оползни.
52. Мерзлые грунты, строение, мощности, причины образования. Методы строительства на многолетней мерзлоте.
53. Процессы, связанные с многолетней мерзлотой.
54. Методы технической мелиорации (цементация, силикатизация, смолизация, битумизация).
55. Методы технической мелиорации (термическое укрепление, электрохимический способ, электросиликатизация, замораживание, осушение).
56. Инженерно-геологические изыскания для строительства. Этапы и стадии проектирования.
57. Инженерно-геологическая съемка. Этапы. Масштаб.
58. Категории сложности геологических условий и их характеристика.
59. Горнопроходческие работы (бурение, горные выработки).
60. Геофизические методы и аппаратура.
61. Полевые опытные работы. Определение водных свойств водоносных горизонтов.
62. Полевые опытные работы. Исследование деформационных свойств горных пород.
63. Полевые опытные работы. Режимные стационарные наблюдения. Лабораторные и камеральные работы.
64. Месторождения природных строительных материалов. Разведка месторождений. Классификация запасов и подсчет количества строительных материалов.
65. Месторождения природных строительных материалов. Минеральные ресурсы РБ, их состояние и использование.

### **3.3 ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ПО ТЕМАМ**

**Темы – Теоретические основы инженерной геологии.  
Происхождение и строение Земли. Минералогия.**

1. Какие вопросы рассматривает социально-экономический аспект инженерной геологии?
2. Назовите форму Земли.
3. С какими науками взаимодействует инженерная геология?
4. Что такое минерал?
5. Назовите представителя класса галоидов?
6. Дайте определение литомониторинга.
7. Назовите внешние оболочки Земли?
8. Какие вопросы охватывает инженерно-геологическая информация.
9. Как классифицируются минералы?
10. Назовите минералы класса сульфатов.
11. Какие вопросы входят в механико-математические основы инженерной геологии.
12. Строение атмосферы.
13. Что изучает инженерная геодинамика.
14. Какие минералы Вы знаете из класса сульфатов?
15. Химическая формула сульфида.
16. Какую нагрузку выполняет слоистое строение атмосферы?
17. Внутренние оболочки Земли.
18. Что такое “ноосфера”?
19. По каким физическим свойствам определяются минералы?
20. Назовите минералы из класса самородные элементы.
21. Какие научные направления инженерной геологии?
22. Дайте определение техногенеза.
23. Физические параметры Земли.
24. Минералы класса кислородные соединения.
25. Химическая формула гипса.
26. Какая гипотеза о происхождении Земли принята у нас в стране?
27. В каком слое атмосферы расположен озоновый слой, на какой высоте и его химический символ.
28. Дайте определение науки “Инженерная геология”.
29. Химическая формула кальцита.
30. Минерал класса фосфаты.
31. Что входит в экологическую подготовку инженера-строителя.
32. Что изучает инженерная геодинамика?
33. Строение литосферы.
34. К какому классу относится оливин?
35. Химическая формула гипса.

36. Строение биосферы.
37. Строение Мантии.
38. Типы воздействия человека на литосферу.
39. У каких минералов минимальная и максимальная твердость.
40. Минерал из класса силикаты и алюмосиликаты.
41. Что изучает грунтоведение?
42. Какие проблемы инженерной геологии Вы знаете?
43. Строение мантии.
44. Перечислите минералы класса силикаты и алюмосиликаты.
45. Химическая формула пирита.
46. С какими науками взаимодействует инженерная геология?
47. Перечислите слои литосферы.
48. Физические параметры Земли.
49. Определение минерала.
50. Перечислите физические свойства минералов.
51. Какие вопросы рассматривает социально-экономический аспект инженерной геологии?
52. Назовите форму Земли.
53. С какими науками взаимодействует инженерная геология?
54. Что такое минерал?
55. Назовите представителя класса галоидов.
56. Дайте определение литомониторинга.
57. Назовите внешние оболочки Земли.
58. Какие вопросы охватывает инженерно-геологическая информация?
59. Как классифицируются минералы?
60. Назовите минералы класса сульфатов.
61. Какие вопросы входят в механико-математические основы инженерной геологии?
62. Строение атмосферы.
63. Что изучает инженерная геодинамика?
64. Перечислите физические свойства минералов.
65. Назовите минералы из класса силикаты. Алюмосиликаты.
66. Какую нагрузку выполняет слоистое строение атмосферы?
67. Внутренние оболочки Земли.
68. Что такое “ноосфера”?
69. По каким физическим свойствам определяются минералы?
70. Назовите минералы из класса самородные элементы.
71. Что изучает региональная инженерная геология?
72. Смысл процесса “техногенез” по Ферсману.
73. С какими геологическими науками взаимодействует инженерная геология?
74. Как классифицируются минералы?
75. Назовите минерал из класса карбонатов.

## 2. Темы – Внутренняя динамика Земли. Тектоника. Деформация горных пород. Землетрясение. Магматические породы.

1. Как называется раздел инженерной геологии, изучающий движение Земной коры?
2. Назовите самые надежные породы для строительства в сейсмических районах.
3. Что можно прогнозировать в землетрясениях?
4. Какие структуры у глубинных магматических пород?
5. Назовите представителя кислой группы магматических пород.
6. Типы складчатых движений?
7. Причины землетрясений?
8. Для каких пород минимальное приращение балльности?
9. Какие группы магматических пород выделяются по содержанию  $\text{SiO}_2$ ?
10. К какой группе относится базальт?
11. Как подразделяются складчатые движения?
12. Какие явления сопутствуют землетрясениям?
13. Что такое эпицентр землетрясения?
14. К какой группе магматических пород относится диорит?
15. Какие текстуры у магматических пород?
16. Какие породы не являются надежным основанием для сооружений при землетрясениях.
17. Примеры разрывных нарушений земной коры.
18. Какие вертикальные силы действуют на горные породы.
19. Назовите магматические породы из кислой группы.
20. Как классифицируются магматические породы?
21. Какие породы являются наиболее надежным основанием в сейсмических районах?
22. Как подразделяются тектонические движения?
23. Что такое антиклиналь?
24. Какое строение (структура) у глубинных магматических пород?
25. Назовите породу ультраосновной группы.
26. Что такое синклиналиальная складка?
27. Как оценивается энергия землетрясений?
28. Причины тектонических движений?
29. Назовите породы средней группы.
30. Как классифицируются магматические породы?
31. Источники внутренней энергии при землетрясениях.
32. Основные формы складчатых движений?
33. Очаг под землей, где возникает землетрясение?
34. Назовите магматические породы из основной группы.
35. Как классифицируются магматические породы?
36. Какие явления предшествуют землетрясениям?
37. Что можно прогнозировать в землетрясениях?

38. Что такое магнитуда землетрясения?
39. К какой группе магматических пород относится гранит?
40. Перечислите магматические породы из средней группы.
41. Какие пояса землетрясений Вы знаете?
42. Главная причина землетрясений?
43. Какие источники внутренней энергии при землетрясениях?
44. По какому признаку классифицируются магматические породы?
45. Назовите глубинную породу из основной группы.
46. Для каких пород характерно максимальное приращение балльности?
47. Как называется проекция очага землетрясения на поверхности?
48. Магматическая порода из основной группы.
49. Один из признаков классификации магматических пород.
50. Что такое цунами?
51. Что такое “возбужденные” землетрясения?
52. Как классифицируются тектонические движения?
53. Назовите крупные тектонические структуры.
54. Какие магматические породы Вы знаете по условию образования?
55. Какая порода самая прочная из излившихся (вулканических)?
56. Что такое эпицентр землетрясения?
57. Что такое колебательные движения?
58. Какова сила катастрофических землетрясений?
59. Назовите магматические породы из кислой группы.
60. Как классифицируются магматические породы?
61. Что такое тектонические движения земной коры?
62. В каких единицах оценивается сила землетрясения и какова она?
63. Что такое антиклинальная складка?
64. Какое строение (структура) у глубинных магматических пород.
65. Назовите породу ультраосновной группы.

## Темы – Процессы внешней динамики Земли. Осадочные породы.

1. Факторы оврагообразования.
2. Чем отличается песок от песчаника?
3. Как называется форма рельефа, где закончился процесс оврагообразования.
4. Осадочная порода из химической (хемогенной) группы.
5. Назовите представителя каустобиолитов.
6. Название грязекаменных потоков.
7. Факторы химического выветривания.
8. Грунты, образующиеся при процессах выветривания на склонах.
9. Классификация осадочных пород.
10. Осадочная порода из смешанной группы.
11. Основной фактор физического выветривания.
12. Осадочная порода из обломочной группы.
13. Происхождение лесса.
14. Осадочная порода органогенной группы.
15. Скорости процесса выветривания.
16. Характерные признаки осадочных пород.
17. Факторы оврагообразования.
18. Осадочная порода из органогенной группы.
19. К какой группе осадочных пород относится конгломерат и брекчия?
20. Факторы процесса выветривания.
21. Типы эрозии.
22. Перечислите процессы внешней динамики Земли.
23. Как называются ледниковые отложения.
24. К какой группе пород относится лесс?
25. Способ образования осадочных пород.
26. Что такое эрозия?
27. Формы рельефа при эоловых процессах.
28. Назовите разновидность физического выветривания.
29. К какой группе осадочных пород относится гипс?
30. Способ образования конгломерата и брекчии.
31. Отложения талых вод ледника.
32. Типы речных долин.
33. Что такое абразия?
34. К какой группе осадочных пород относится мергель?
35. Назовите породу из группы каустобиолитов.
36. Назовите морские отложения.
37. Типы ледников.
38. Что такое эрозия?
39. К какой группе осадочных пород относится песчаник?
40. По какому признаку классифицируются осадочные породы.
41. Форма рельефа для постоянных водотоков.

42. К какой группе осадочных пород относятся конгломерат и брекчия?
43. Назовите типы речных (аллювиальных) отложений.
44. Процесс выравнивания береговой линии морей, океанов и т.д..
45. К какой группе осадочных пород относится каменная соль?
46. Типы ледников.
47. Перечислите морские отложения.
48. К какой группе осадочных пород относится оолитовый известняк?
49. Где используется мергель?
50. Строительная классификация болот.
51. Классификация болот по происхождению (генезису).
52. Перечислите глинистые породы.
53. К какой группе осадочных пород относится песок?
54. Какие процессы входят в геологическую работу ветра?
55. Меры борьбы с оврагообразованием.
56. Что такое эрозия?
57. Строение заболоченных территорий (болота).
58. Продукты выветривания, образующиеся в процессе выветривания и остающиеся на месте.
59. Классификация осадочных пород.
60. К какой группе относится мергель?
61. Типы ледников.
62. Факторы химического выветривания.
63. Форма рельефа при эрозии временными потоками.
64. За счет чего образуются осадочные породы органогенной группы?
65. Из какой группы осадочных пород песчаник?
66. Перечислите стадии при геологической работе ветра.
67. Отложения талых вод ледника.
68. Что такое абразия?
69. К какой группе относится каменная соль?
70. К какой группе относится торф?

**Тема – Гидрогеология**

1. Классификация подземных вод по происхождению.
2. Назовите самый важный параметр динамики подземных вод.
3. Что такое депрессионная воронка?
4. Назовите химические свойства подземных вод.
5. Виды водозаборов.
6. Формула закона Дарси.
7. Классификация подземных вод по условиям залегания.
8. Для каких сооружений используется метод налива в шурфы при определении коэффициента фильтрации?
9. Что такое гидравлический градиент?
10. Примерная мощность зоны аэрации.
11. От чего зависит коэффициент фильтрации в глинистых грунтах?
12. Наука, изучающая закономерности движения подземных вод.
13. Полевые методы определения коэффициента фильтрации (перечислите).
14. Какое свойство пород характеризует коэффициент фильтрации?
15. К какому типу вод относится верховодка?
16. Классификация подземных вод по происхождению.
17. Назовите самый важный параметр динамики подземных вод.
18. Что такое депрессионная воронка?
19. Назовите химические свойства подземных вод.
20. Виды водозаборов.
21. Что влияет в воде на величину коэффициента фильтрации?
22. Каким образом грунтовые воды осложняют строительство?
23. Какой слой грунта называется водоносным горизонтом?
24. Перечислите физические свойства воды.
25. Типы водозаборов.
26. Особенности грунтовых вод.
27. Дайте определение - "напорные воды".
28. От чего зависит коэффициент фильтрации в грунтах?
29. Какое передвижение воды характерно для глинистых грунтов?
30. Полевые методы определения коэффициента фильтрации.
31. Какой тип вод образует артезианские бассейны?
32. Где используются данные о коэффициенте фильтрации?
33. Типы грунтовых колодцев.
34. Классификация подземных вод по степени минерализации.
35. К какому типу грунтовых вод относится верховодка?
36. Перечислите химические свойства воды.
37. Классификация подземных вод по происхождению (генезису).
38. Особенности грунтовых вод.
39. Лабораторные методы определения коэффициента фильтрации.
40. Дайте определение гидравлического градиента ( $I$ ).
41. Что влияет в воде на величину коэффициента фильтрации?

42. Типы водозаборов.
43. Какой слой грунта называется водоносным горизонтом?
44. Перечислите физические свойства воды.
45. Каким образом грунтовые воды осложняют строительство?
46. Типы грунтовых колодцев, доведенных до упора.
47. Формула закона Дарси.
48. Схема зоны аэрации.
49. К какому типу вод относится верховодка?
50. Какое свойство пород характеризует коэффициент фильтрации?
51. Что такое грунтовые воды?
52. Один из параметров динамики подземных вод.
53. Какое передвижение воды характерно для песчаных грунтов?
54. От чего зависит коэффициент фильтрации в глинистых грунтах?
55. Типы водозаборов.
56. Типы грунтовых колодцев, доведенных до упора.
57. Формула закона Дарси.
58. Схема зоны аэрации.
59. К какому типу вод относится верховодка?
60. Какое свойство пород характеризует коэффициент фильтрации?
61. Типы водозаборов.
62. От чего зависит коэффициент фильтрации в глинистых породах?
63. Какое передвижение воды характерно для песчаных грунтов?
64. Назовите один из параметров динамики подземных вод.
65. Что такое грунтовые воды?
66. Полевые методы определения коэффициента фильтрации (перечислите).
67. Какое передвижение воды характерно для глинистых грунтов?
68. От чего зависит коэффициент фильтрации в грунтах?
69. Дайте определение - "напорные воды".
70. Особенности грунтовых вод.

**Тема – Грунтоведение (часть 1)**

1. Задачи грунтоведения.
2. Назовите грунты особого состава, состояния и свойств.
3. Из чего состоит твердая фаза грунта.
4. Назовите крупнообломочные грунты.
5. Какие характеристики определяются только в лаборатории?
6. Дайте определение термину грунт.
7. Сколько фаз в грунте и какие?
8. Назовите пески, которые опасны для строительства.
9. Что такое гранулометрический состав грунта?
10. Какие грунты относятся к пылевато-глинистым?
11. Какие пески Вы знаете по генезису (происхождению)?
12. Виды воды в жидкой фазе грунта.
13. Для чего используются данные гранулометрического состава.
14. Что такое газообразная фаза грунта?
15. Перечислите несколько физических характеристик грунта.
16. Причины песков-плывунов.
17. К какой группе грунтов относится ил?
18. Что такое пластичность?
19. Какие характеристики относятся к косвенным или производным?
20. Что такое связанная вода?
21. Как классифицируются глинистые грунты?
22. Что такое плотность частиц грунта?
23. Какие грунты относятся к скальным с жесткими структурными связями?
24. Какие грунты относятся к ложным псывам?
25. К какой группе грунтов относится супесь?
26. Какие меры борьбы с псывами?
27. По какому признаку классифицируются песчаные грунты?
28. Что входит в понятие свободная вода?
29. К какой группе грунтов относится суглинок?
30. От чего зависит плотность частиц грунта?
31. Что такое показатель текучести (консистенция)?
32. Где используется глина?
33. К какой группе грунтов относятся насыпные и намывные грунты?
34. Отрицательное свойство лессовых грунтов.
35. Что такое плотность грунта?
36. От чего зависит плотность грунта?
37. К какой группе грунтов относится глина?
38. Назовите два общих состояния по показателю текучести для глинистых грунтов?
39. Что обуславливает наличие в песках коллоидно-дисперсных фракций?
40. Плотность грунта механическая или физическая характеристика?

41. Назовите глинистые грунты.
42. Формулы числа пластичности.
43. Какие фазы грунта Вы знаете?
44. Перечислите физические характеристики грунтов.
45. Формула плотности частиц грунта.
46. По какой физической характеристике классифицируются песчаные грунты?
47. Определение коэффициента пористости.
48. Где используется плотность грунта?
49. Где используется глина?
50. Причины истинных песков-пльвунов.
51. Формула плотности грунта.
52. Физический смысл плотности скелета грунта.
53. Цифровые значения числа пластичности.
54. Физический смысл коэффициента пористости.
55. Перечислите фазы грунта.
56. Какие виды свободной воды Вы знаете?
57. Для чего надо определять физические характеристики?
58. Для чего используется коэффициент пористости?
59. Что такое природная влажность?
60. По какому признаку классифицируются песчаные грунты?
61. Для чего используется число пластичности глинистых грунтов?
62. Что такое степень влажности?
63. Происхождение (генезис) глинистых грунтов.
64. Назовите плотности сложения песчаных грунтов.
65. Для чего используется коэффициент пористости грунтов?
66. Что такое связанная вода в грунтах?
67. Назовите где используется глина?
68. Какие общие физические состояния по показателю текучести у глинистых грунтов Вы знаете?
69. Что такое гранулометрический состав грунта?
70. Зачем определяются физические характеристики?
71. Какие характеристики необходимы для песчаных грунтов при определении расчетного сопротивления?
72. Классификация по степени влажности.
73. Назовите фазы грунта.
74. Где используется плотность грунта?
75. Формула числа пластичности.

## Тема – Грунтоведение (часть 2)

1. Что понимается под механическими свойствами грунтов?
2. Что такое компрессионное сжатие?
3. От чего зависят капиллярные свойства грунта?
4. Назовите химические силы для кристаллизационных структур.
5. Формулы коэффициента уплотнения.
6. В каких координатах строится компрессионная кривая?
7. Что такое электрические свойства грунтов?
8. Как определяются механические характеристики?
9. Для чего используются данные величины капиллярного поднятия?
10. Назовите прочностные характеристики для песчаных грунтов.
11. Уравнение сопротивления глинистых грунтов сдвигу.
12. От чего зависит уплотнение (компрессия) для всех видов грунтов?
13. Назовите теплофизические свойства грунтов.
14. График компрессионной кривой.
15. Какую структуру образуют ионно-электростатические силы?
16. Какие деформации возникают в грунтах при компрессионном сжатии?
17. Что такое теплоемкость грунта?
18. Уравнение сопротивления песчаных грунтов сдвигу.
19. Что такое электропроводность грунтов?
20. Какие приборы используют для проведения компрессионных испытаний?
21. В каких осях строится кривая консолидации?
22. Какой процесс называется сдвигом?
23. Как графически определить коэффициент уплотнения (сжимаемости)?
24. Что такое морозостойкость грунтов?
25. От чего зависят капиллярные силы в грунте?
26. Дайте определение процессу консолидации.
27. В каких осях строится график сопротивления грунтов сдвигу?
28. Назовите прочностные характеристики песчаного грунта.
29. От чего зависит электропроводность грунтов?
30. Действием каких химических сил обусловлены кристаллизационные структуры?
31. Ионно-электростатические силы характерны для каких структур?
32. От чего зависит величина сопротивления грунтов сдвигу?
33. В каких координатах строится компрессионная кривая?
34. Где используются данные о величине капиллярного поднятия?
35. Формула коэффициента уплотнения.
36. От чего зависит консолидация грунтов?
37. Перечислите основные задачи испытания на компрессию.
38. Напишите уравнение сдвига глинистого грунта.
39. Какие характеристики относятся к теплофизическим.

40. Какие структурные связи в грунтах Вы знаете?
41. От чего зависит теплопроводность грунтов?
42. В каких выработках и чем проводятся испытания на компрессию в полевых условиях?
43. Перечислите основные задачи испытания на консолидацию.
44. Напишите уравнение сдвига песчаного грунта.
45. Какую Вы знаете прочностную характеристику песчаного грунта?
46. Дайте определение сдвигу.
47. Назовите параметры компрессионной кривой.
48. В каких осях строится кривая консолидации?
49. Нарисуйте график сдвига песчаного грунта.
50. Что понимается под морозостойкостью грунта?
51. Где используются данные о капиллярных свойствах грунта?
52. Что понимают под механическими свойствами грунтов?
53. Какой процесс называется компрессионным сжатием?
54. Нарисуйте график сдвига глинистого грунта.
55. От чего зависит электропроводность грунта?
56. Какие Вы знаете структурные связи в грунтах?
57. Нарисуйте график кривой консолидации.
58. Назовите прочностных характеристики глинистых грунтов.
59. Формула коэффициента уплотнения.
60. Перечислите теплофизические свойства грунтов.
61. Что такое фильтрационная консолидация?
62. Сцепление – механическая или физическая характеристика?
63. Какие количественные характеристики относятся к компрессии?
64. Действием каких сил обусловлены кристаллизационные структуры?
65. Что такое капиллярное свойство грунтов?
66. От чего зависит деформация сжатия грунтов?
67. Основные задачи испытания на консолидацию.
68. График сдвига песчаного грунта.
69. Что такое морозостойкость грунта?
70. От чего зависит величина капиллярного поднятия в грунтах?
71. Какие структурные связи в грунтах Вы знаете?
72. Какие деформации можно выделить по компрессионной кривой?
73. График сдвига глинистого грунта.
74. Основные задачи испытания на компрессию.
75. Чем обусловлены магнитные свойства грунтов?
76. От чего зависит электропроводность грунтов?
77. Какие прочностные характеристики глинистого грунта?
78. В каких координатах строится компрессионная кривая?
79. Какие виды консолидации Вы знаете?
80. На какие характеристики подразделяются механические свойства грунтов?

**Темы – Геологические процессы, влияющие на устойчивость зданий и сооружений.**

1. Дайте определение суффозионного процесса.
2. Назовите процессы, связанные с мерзлотой.
3. Строение подземных вод в мерзлых породах.
4. Какие вы знаете поверхности скольжения оползня в зависимости от геологического строения склона?
5. Какой процесс называется химическим выветриванием?
6. Дайте определение мерзлому грунту.
7. Перечислите геологические процессы, вызывающие деформации насыпей.
8. Условия (факторы) возникновения карста.
9. Что такое наледь?
10. Меры борьбы с оползнями.
11. Для каких районов характерны обвалы, вывалы, осыпи.
12. Условия возникновения оползней.
13. Меры борьбы с наледями.
14. Что такое мари?
15. Основной принцип строительства на мерзлоте.
16. Дайте определение мерзлому грунту.
17. Перечислите геологические процессы, вызывающие деформации насыпей.
18. Условия (факторы) возникновения карста.
19. Что такое наледь?
20. Меры борьбы с оползнями.
21. Назовите комплекс противокарстовых мероприятий.
22. Противооползневые мероприятия.
23. Мероприятия по защите от обвалов, осыпей, вывалов.
24. Что такое морозное пучение грунтов?
25. Какие меры борьбы с наледями?
26. Какой процесс связан с действием силы тяжести на склоне?
27. Классификация карста в зависимости от состава пород.
28. Условия образования обвалов, осыпей, вывалов.
29. Какие грунты относятся к пучинистым?
30. Что такое солифлюкция?
31. Что такое карст?
32. Какой процесс на склоне вызван действием сил гидродинамического давления?
33. В каких районах развиваются обвальные явления?
34. Что такое термокарст?
35. Меры борьбы с морозным пучением.
36. Назовите минимальные и максимальные мощности многолетней мерзлоты в СНГ.
37. Что такое термокарст?

38. Назовите причины суффозионного процесса.
39. Какой процесс на склоне вызван действием сил гидродинамического давления?
40. Перечислите вопросы для изучения в карстовых районах.
41. Какие вы знаете поверхности скольжения оползней в зависимости от геологического строения склона?
42. Нарисуйте схему тела оползня.
43. Что происходит при оттаивании мерзлых грунтов?
44. Что такое наледь? Какие вы знаете виды наледей?
45. Какой процесс называется химическим выветриванием?
46. Что такое морозное пучение грунтов?
47. Какие меры борьбы с наледями?
48. Мероприятия по защите от осыпей, обвалов, вывалов.
49. Классификация оползневых склонов.
50. Причины развития карста.
51. Классификация карста в зависимости от состава пород.
52. Дайте определение оползневому процессу.
53. В каких районах развиваются обвальные явления?
54. Что такое термокарст?
55. Меры борьбы с морозным пучением.
56. Дайте определение мерзлому грунту.
57. Перечислите геологические процессы, вызывающие деформации насыпей.
58. Условия (факторы) возникновения карста.
59. Меры борьбы с оползнями.
60. Что такое наледь?
61. Для каких районов характерны обвалы, вывалы, осыпи?
62. Условия возникновения оползней.
63. Меры борьбы с наледями.
64. Что такое мари?
65. Основной принцип строительства на мерзлоте.
66. Назовите комплекс противокарстовых мероприятий.
67. Противооползневые мероприятия.
68. Мероприятия по защите от обвалов, осыпей, вывалов.
69. Что такое морозное пучение грунтов?
70. Какие меры борьбы с наледями?

### **3.3 КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ ПРИ ТЕКУЩЕМ И ИТоговом контроле**

#### **Текущий контроль знаний студентов**

При подготовке к лабораторным работам студенты проводят самостоятельную работу по подготовке к выполнению лабораторных работ, и подготовке отчетов по лабораторным работам. Правила и образцы оформления отчетов по лабораторным работам, имеются в учебной лаборатории кафедры.

В качестве текущего контроля успеваемости студентов применяются индивидуальные собеседования при защите студентами лабораторных работ и контрольные работы по лекционному материалу.

Показателем успеваемости студента является выполнение необходимого минимума всех видов задания на лабораторных занятиях в течении семестра.

#### **Итоговый контроль знаний студентов**

Проводится на экзаменах. Критерии оценок результатов учебной деятельности студентов приведены ниже:

##### **10 баллов – десять:**

– систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;

– точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;

– безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

– выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;

– полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

– умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;

– творческая самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

##### **9 баллов – девять:**

– систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;

- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы;

- полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;

- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

### **8 баллов – восемь:**

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;

- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

- способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;

- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;

- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

### **7 баллов – семь:**

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;

- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;

- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;

- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

**6 баллов – шесть:**

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;

- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;

- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;

- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;

- активная самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

**5 баллов – пять:**

- достаточные знания в объеме учебной программы;

- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;

- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;

- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;

- самостоятельная работа на практических, лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

**4 балла – четыре, ЗАЧТЕНО:**

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;

- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;

- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;

- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;

- работа под руководством преподавателя на практических, лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

### **3 балла – три, НЕЗАЧТЕНО:**

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;

- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;

- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;

- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;

- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

### **2 балла – два, НЕЗАЧТЕНО:**

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;

- знание отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;

- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответах грубых стилистических и логических ошибок;

- пассивность на практических и лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

### **1 балл – один, НЕЗАЧТЕНО:**

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

## КРИТЕРИИ ОЦЕНОК КОНТРОЛЬНЫХ СРОКОВ (КС)

**10 баллов (А)** заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную и дополнительную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, разбирающийся в основных научных концепциях по изучаемой дисциплине, проявивший творческие способности и научный подход в понимании и изложении учебного программного материала, ответ отличается богатством и точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично.

**9 баллов** заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое знание учебного программного материала, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, глубоко усвоивший основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению, ответ отличается точностью использованных терминов, материал излагается последовательно и логично.

**8 баллов** заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению.

**7 баллов** заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший все предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, активно работавший на практических, семинарских, лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы, а также способность к их самостоятельному пополнению.

**6 баллов** заслуживает студент, обнаруживший достаточно полное знание учебно-программного материала, не допускающий в ответе существенных неточностей, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную

программой, отличавшийся достаточной активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, показавший систематический характер знаний по дисциплине, достаточный для дальнейшей учебы.

**5 баллов** заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе, но обладающий необходимыми знаниями для их самостоятельного устранения.

**4 балла** заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную программой, однако допустивший некоторые погрешности при их выполнении и в ответе, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя допущенных погрешностей.

**3 балла** заслуживает студент, обнаруживший знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, не отличавшийся активностью на практических (семинарских) и лабораторных занятиях, самостоятельно выполнивший основные предусмотренные программой задания, однако допустивший погрешности при их выполнении и в ответе, но обладающий необходимыми знаниями для устранения под руководством преподавателя наиболее существенных погрешностей.

**2 балла** выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях или отсутствие знаний по значительной части основного учебно-программного материала, не выполнившего самостоятельно предусмотренные программой основные задания, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, не отработавшему основные практические, семинарские, лабораторные занятия, допускающему существенные ошибки при ответе, и который не может продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

**1 балл** — отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа (отказ от ответа, представленный ответ полностью не по существу содержащихся в задании вопросов).

**0 баллов (не аттестован)** – получает студент, систематически пропускавший занятия без уважительной причины.

**+** получает студент, не изучающий дисциплину.

**у** – получает студент, пропускавший занятия по уважительной причине.

## **4 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ**

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет транспорта»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор учреждения  
образования «Белорусский  
государственный университет  
транспорта»

В.Я. Негрей

« 04 » 04 2015

Регистрационный № УД- 24.52 / уч.

## ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:

1-70 01 01 «Производство строительных изделий и конструкций»

2015

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-70 01 01-2013 по специальности «Производство строительных изделий и конструкций», утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 г., № 88 и типовой учебной программы «Инженерная геология» от «10» декабря 2012, регистрационный № ТД-Ж.115/тип.

### **СОСТАВИТЕЛЬ:**

М.В. Беспалова, старший преподаватель кафедры «Строительные конструкции, основания и фундаменты» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

кафедрой «Строительные конструкции, основания и фундаменты» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» (протокол № 8 от 08 июня 2015 г.);

научно-методической комиссией факультета «Промышленное и гражданское строительство» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» (протокол № 6 от 10 июня 2015 г.);

научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» (протокол № 5 от 30 июня 2015 г.);

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Актуальность изучения учебной дисциплины

Инженерная геология рассматривается как наука о геологической среде и ее взаимодействии со зданиями и инженерными сооружениями. Любое здание и сооружение строится на грунтовом основании, возводится из грунта как строительного материала или располагается в толще грунта. От характера и степени взаимодействия геологической среды с инженерными сооружениями во многом зависит их надежность и долговечность. Инженерно-геологические условия в значительной мере определяют выбор площадок и регионов для строительства зданий и сооружений. Будущий специалист по промышленному и гражданскому строительству и, в частности, по разработке новых строительных материалов должен хорошо знать основы инженерной геологии и гидрогеологии, уметь прочесть геологическую колонку буровой скважины, геологический разрез, геологическую карту, главные документы инженерно-геологических изысканий, лежащие в основе определения полезных объемов месторождений и оценки несущей способности геоснований, и, что не менее важно, свойства, строение и структуру важнейших минералов и горных пород, широко применяемы основы или составных частей новых строительных материалов.

Программа разработана на основе компетентного подхода, требований к формированию компетенций, сформулированных в образовательном стандарте ОСВО 1-70 01 01-2013 по специальности «Производство строительных изделий и конструкций».

Дисциплина относится к циклу общеобразовательных и специальных дисциплин, осваиваемых студентами специальности 1-70 01 01 «Производство строительных изделий и конструкций».

### Цели и задачи учебной дисциплины

Целью дисциплины является изучение истории формирования земной коры; влияние экзогенных и эндогенных процессов, происходящих в земной коре на народнохозяйственную деятельность человека; грунтов оснований, встречающихся на территории Республики Беларусь и возможность их рационального использования в народном хозяйстве.

Задачи дисциплины:

1. Ознакомить студентов с основными минералами и горными породами, встречающимися как в Беларуси, так и в мире, и применяемыми в строительной отрасли.
2. Изучить геологические процессы, происходящие на поверхности Земли и в ее толще, а также влияние этих процессов на строительные конструкции, фундаменты и подземные сооружения.
3. Ознакомить студентов с методами и методиками инженерно-геологических исследований и применяемым современным оборудованием.
4. Научить студентов читать и строить инженерно-геологические колонки и разрезы для дальнейшего проектирования карьеров и котлованов добычи ископаемых, обеспечивающих экономическую и рациональную добычу природных ресурсов.
5. Научить студентов основам рационального природопользования и проектирования добычи природных ресурсов в целях обеспечения устойчивого и инновационного развития экономики Республики Беларусь.

## Требования к уровню освоения содержания учебной дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен закрепить и развить следующие академические (АК) и социально-личностные (СЛК) компетенции, предусмотренные в образовательном стандарте ОСВО 1-70 01 01-2013:

**АК-1.** Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

**АК-3.** Владеть исследовательскими навыками.

**АК-4.** Уметь работать самостоятельно.

**АК-6.** Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

**АК-7.** Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

**АК-8.** Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

**АК-9.** Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

**СЛК-1.** Обладать качествами гражданственности.

**СЛК-2.** Быть способным к социальному взаимодействию.

**СЛК-3.** Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

**СЛК-4.** Обладать навыками здоровьесбережения.

**СЛК-5.** Быть способным к критике и самокритике.

**СЛК-6.** Уметь работать в коллективе.

В результате изучения дисциплины студент должен обладать следующими профессиональными компетенциями (ПК), предусмотренными образовательным стандартом ОСВО 1-70 01 01-2013:

**ПК-20.** В составе группы специалистов по проектированию предприятий строительной отрасли, строительных объектов или самостоятельно разрабатывать проекты технологических линий, цехов и заводов по производству строительных материалов, изделий (конструкций) и технологические регламенты (карты) на изготовление изделий (конструкций) и ведение бетонных работ;

**ПК-33.** Организовывать и осуществлять испытания физико-технических и эксплуатационных свойств строительных материалов и изделий в соответствии с требованиями нормативно-технической литературы в области строительства;

**ПК-40.** Проводить опытно-технологические исследования для создания и внедрения нового оборудования и технологий, их опытно-промышленную проверку и испытания.

Для приобретения профессиональных компетенций в результате изучения дисциплины студент должен

### **знать:**

- основные классы минералов и горных пород, методы построения инженерно-геологических и гидрогеологических разрезов и карт, водно-физических свойств грунтов и методы их определения, грунтовые и артезианские воды;

- основные геодинамические процессы: карстовые, суффозионные, геотермические, эрозионные, оползневые и методы борьбы с ними;

- основы динамики подземных вод;

- назначение и состав инженерно-геологических и геоэкологических изысканий в различных по сложности инженерно-геологических и гидрогеологических условиях;

### **уметь:**

- определять основные классы породообразующих минералов и горных пород, строить геологические колонки, инженерно-геологические разрезы и карты, определять и рассчитывать напорный градиент и расход подземного потока;

- применять геологическую и гидрогеологическую документацию при оценке геоэкологических условий строительства и добыче нерудных строительных материалов;
- составлять краткое описание инженерно-геологических условий объекта строительства и определить содержание и объемы инженерно-геологических изысканий;

**владеть:**

- методиками определения свойств грунтов;
- правилами определения основных породообразующих минералов и горных пород.

### **Структура содержания учебной дисциплины**

Содержание дисциплины представлено в виде тем, которые характеризуются относительно самостоятельными укрупненными дидактическими единицами содержания обучения. Содержание тем опирается на приобретенные ранее студентами компетенции при изучении естественнонаучных дисциплин "Физика", "Математика", "Химия", общепрофессиональных дисциплин "Сопrotивление материалов", "Инженерная геодезия".

Дисциплина изучается в 6 семестре. Форма получения высшего образования – дневная.

В соответствии с учебным планом на изучение дисциплины отведено всего 126 часов, в том числе 64 аудиторных часа, из них лекции – 34 часа, лабораторные занятия – 30 часов. Форма текущей аттестации – экзамен. Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **Тема 1. Основы общей геологии, минералогии, петрографии и инженерного грунтоведения (строение Земли и основные её свойства; геохронология и структурная геология; грунты Беларуси и их свойства)**

Инженерная геология, её объект, содержание и связь с другими геологическими и грунтоведческими науками. Значение инженерной геологии для промышленного и гражданского строительства. Роль инженерной геологии при охране геологической среды. Состав и строение Земли, её происхождение. Основные свойства Земли. Геосферы Земли и их взаимодействие. Значение геологических данных о Земле для промышленного и гражданского строительства. Основы геохронологии. Абсолютный и относительный возрасты горных пород. Геохронологическая шкала. Принцип построения карт и разрезов. Геология Беларуси.

Минералы. Понятие о минералах, формы и физические свойства минералов (цвет, блеск, прозрачность, твердость, спайность, излом и т.д.). Классификация и характеристика основных классов минералов. Главнейшие породообразующие минералы.

Основные сведения о горных породах. Классификация по генезису. Магматические горные породы. Классификация по химическому составу, по условиям образования; формы залегания, структура и текстура. Инженерно-геологические характеристики. Трещиноватость и отдельность магматических пород. Магматические породы – сырье и материал для производства строительных материалов.

Осадочные горные породы, их особенности, классификация по происхождению. Классификация обломочных осадочных пород. Генетические типы и их инженерно-геологическая оценка. Использование осадочных горных пород для производства строительных материалов. Метаморфические горные породы. Условия образования, виды метаморфизма, текстура и классификация пород. Оценка строительных свойств метаморфических пород.

Основы структурной геологии. Тектонические движения и их значение в формировании поверхности кристаллического фундамента. Складчатые и разрывные деформации земной коры. Платформы и геосинклинали. Зависимость состава и мощности осадочных отложений от направления и скорости тектонических движений. Значение неотектоники и форм залегания горных пород для строительства инженерных сооружений.

Понятие о грунтах, структурные связи в грунтах. Виды воды в грунтах (прочносвязная, слабосвязная; капиллярная, гравитационная), их характеристика. Классификация грунтов по СТБ 943-2007.

Физические свойства грунтов. Механические свойства грунтов. Деформационные свойства, структурная прочность, компрессионная кривая, коэффициент сжимаемости. Прочностные свойства. Удельное сцепление, коэффициент внутреннего трения, угол внутреннего трения – определение и области применения. Грунты особого состава и свойств. Лессовые грунты: определение, особенности, классификация. Илы: определение, классификация, инженерно-геологическая характеристика. Торфы и заторфованные породы: определение, особенности строительства. Влияние органических примесей на свойства цемента.

**Тема 2. Основы инженерной геодинамики (природные инженерно-геологические процессы и явления: физико-химические, гидродинамические, теплофизические, гравитационные и сейсмические)**

Основы инженерной геодинамики. Классификация природных инженерно-геологических процессов и явлений. Физико-химические и биохимические процессы: выветривание, набухание, усадка, просадка, карст. Деятельность ветра и эоловые отложения. Методы закрепления подвижных песков. Виды выветривания и кора выветривания. Поверхностный и глубинный карст. Зона карстообразования и зона цементации. Особенности строительства на элювии и карстующихся породах.

Гидродинамические процессы: плоскостная и струйчатая эрозии, перенос и аккумуляция осадков, пльвуны, подтопление, высачивание грунтовых вод на склонах и откосах. Геологическая деятельность текучих вод. Свойства делювия и пролювия. Оврагообразование. Меры предотвращения появления и развития оврагов. Строение речных долин и базис эрозии. Эрозионная и аккумулятивная деятельность рек. Аллювиальные отложения. Защитные мероприятия по укреплению берегов.

Теплофизические процессы и явления. Температурный режим поверхности Земли и геотермические зоны земной коры. Промерзание, протаивание, термокарст, солифлюкция. Геологическая деятельность ледников. Ледниковые периоды на Беларуси. Формирование и типы ледниковых отложений. Морены, ленточные глины, флювиогляциальные пески и покровные суглинки. Сезонная и многолетняя мерзлота. Деятельный слой, его естественная, нормативная и расчётная мощности. Два принципа строительства зданий на вечной мерзлоте.

Гравитационные процессы и явления на склонах и откосах: оползни, обвалы, осыпи, лавины. Степень устойчивости склона и скорость движения оползневого тела. Признаки оползневого склона. Противооползневые мероприятия профилактические (пассивные), активные и специальные (анкерные, инъекционные, физико-химические). Сейсмические процессы и явления. Происхождение землетрясений и моретрясений. Продольные и поперечные волны при землетрясениях и скорость их движения. Шкала сейсмической балльности в районах геосинклиналей и на платформах. Сейсмическое районирование. Сейсмика Беларуси.

### **Тема 3. Основы общей гидрогеологии и динамики подземных вод**

Гидрогеология, её объект, содержание и связь с геологией, гидрологией, гидравликой. Гидрогеологические изыскания. Происхождение подземных вод. Зона аэрации и зона насыщения. Верховодка, болотные и грунтовые воды. Капиллярная кайма. Свободная поверхность, зеркало или уровень грунтовых вод (УГВ). Питание грунтовых вод и режим УГВ. Места разгрузки грунтовых вод и родники. Карты гидроизогипс и их значение для инженерного строительства.

Артезианские или напорные воды. Избыточный гидростатический напор над водонепроницаемой кровлей артезианского пласта. Пьезометрический напор и пьезометрический уровень. Артезианские бассейны, их области питания, напора и разгрузки. Карты гидроизопьез. Изображение подземных вод на разрезах.

Потоки подземных вод. Основные гидродинамические элементы фильтрационного потока. Понятие о действительной скорости движения и скорости фильтрации подземных вод. Закон Дарси и водопроницаемость грунтов. Определение направления и действительной скорости подземных вод. Приток грунтовых и артезианских вод к скважине, канаве. Горизонтальный и вертикальный дренажи. Водопонижение. Гидрогеология Беларуси: её артезианские бассейны, хозяйственно-питьевые, промышленные и минерально-лечебные воды. Геоэкологические критерии оценки эксплуатационных запасов пресных подземных вод Беларуси.

### **Тема 4. Инженерно-геологические изыскания**

Инженерно-геологическое обоснование проекта промышленного и гражданского строительства. Задания на изыскания и программа изысканий. Состав и содержание отчёта по инженерно-геологическим исследованиям.

Методы инженерно-геологических изысканий: инженерно-геологическая съёмка и разрезы, буровые методы разведки, полевые исследования грунтов: откачки, наливов, прессиометрия, статическое и динамическое зондирование, опытные штампы. Понятие об электроразведке, георадаре и каротаже как основных геофизических методах исследования геологического строения территории.

### **Тема 5. Гидрогеологические условия и охрана геологической среды Беларуси**

Региональные инженерно-геологические и гидрогеологические условия, охрана геологической среды Беларуси. Учёт гидрогеологических условий при захоронении вредных отходов в недра Беларуси. Гидрогеология Беларуси: её артезианские бассейны, хозяйственно-питьевые, промышленные и минерально-лечебные воды.

Учёт гидрогеологических условий при захоронении вредных веществ и отходов производства в недрах Беларуси.

Мониторинг и рекультивация земель.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер темы	Название темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов		Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Форма контроля знаний
		лекции	лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7
1	<b>Основы общей геологии, минералогии, петрографии и инженерного грунтоведения (строение Земли и основные её свойства; геохронология и структурная геология; грунты Беларуси и их свойства) (32 ч.)</b>	<b>14</b>	<b>18</b>			
1.1	Инженерная геология, её объект, содержание и связь с другими науками. Значение инженерной геологии для строительства. Роль инженерной геологии при охране геологической среды. Состав и строение Земли, её происхождение. Основные свойства Земли. Геосферы Земли и их взаимодействие. Основы геохронологии. Абсолютный и относительный возрасты горных пород. Геохронологическая шкала. Принцип построения карт и разрезов. Геология Беларуси.	2	4	методические пособия, презентации	[1,2,4]	контр. раб.
1.2	Минералы. Понятие о минералах, формы и физические свойства минералов (цвет, блеск, прозрачность, твердость, спайность, излом и т.д.); Классификация и характеристика основных классов минералов. Главнейшие породообразующие минералы.	2	4	метод. пособия, презентации, коллекция минералов	[1,2,4]	контр. раб.
1.3	Основные сведения о горных породах. Классификация по генезису. Магматические горные породы. Классификация; формы залегания, структура и текстура. Инженерно-геологические характеристики. Трещиноватость и отдельность магматических пород. Магматические породы – сырье и материал для производства строительных материалов.	2	4	метод. пособия, презентации, коллекция магмат. пород	[1,2,4]	контр. раб.
1.4	Осадочные горные породы, их особенности, классификация по происхождению. Классификация обломочных осадочных пород. Генетические типы и их инженерно-геологическая оценка. Использование осадочных горных пород для производства строительных материалов. Метаморфические горные породы. Условия образования, виды метаморфизма, текстура и классификация пород. Оценка строительных свойств метаморфических пород.	2	6	метод. пособия, презентации, коллекция осад. и метам. пород	[1,4,6]	контр. раб.
1.5	Основы структурной геологии. Тектонические движения. Складчатые и разрывные деформации земной коры. Платформы и геосинклинали. Зависимость состава и мощности осадочных отложений от направления и скорости тектонических движений. Значение неотектоники и форм залегания горных пород для строительства инженерных сооружений.	2		метод. пособия, презентации	[1-4]	контр. раб.

1	2	3	4	5	6	7
1.6	Понятие о грунтах, структурные связи в грунтах. Виды воды в грунтах (прочносвязная, слабосвязная; капиллярная, гравитационная), их характеристика. Классификация грунтов по СТБ 943-2007.	2		метод. пособия, презентации	[1-4,9]	контр. раб.
1.7	Физические свойства грунтов. Механические свойства грунтов: деформационные и прочностные свойства. Грунты особого состава и свойств. Лессовые грунты: определение, особенности, классификация. Илы: определение, классификация, инженерно-геологическая характеристика. Торфы и заторфованные породы: определение, особенности строительства. Влияние органических примесей на свойства цемента.	2		метод. пособия, презентации	[1,12,13]	контр. раб.
2	<b>Основы инженерной геодинамики (природные инженерно-геологические процессы и явления: физико-химические, гидродинамические, теплофизические, гравитационные и сейсмические) (8 ч.)</b>	<b>8</b>				
2.1	Основы инженерной геодинамики. Классификация природных инженерно-геологических процессов и явлений. Физико-химические и биохимические процессы: выветривание, набухание, усадка, просадка, карст. Деятельность ветра и эоловые отложения. Виды выветривания и кора выветривания. Поверхностный и глубинный карст. Зона карстообразования и зона цементации. Особенности строительства на элювии и карстующихся породах.	2		метод. пособия, презентации	[1-8]	контр. раб.
2.2	Гидродинамические процессы: плоскостная и струйчатая эрозии, перенос и аккумуляция осадков, пльвуны, подтопление, высачивание грунтовых вод на склонах и откосах. Геологическая деятельность текучих вод. Свойства делювия и пролювия. Оврагообразование. Меры предотвращения появления и развития оврагов. Строение речных долин и базис эрозии. Эрозионная и аккумулятивная деятельность рек. Аллювиальные отложения. Защитные мероприятия по укреплению берегов.	2		метод. пособия, презентации	[1-8]	контр. раб.
2.3	Теплофизические процессы и явления. Температурный режим поверхности Земли и геотермические зоны земной коры. Промерзание, протаивание, термокарст, солифлюкция. Геологическая деятельность ледников. Ледниковые периоды на Беларуси. Формирование и типы ледниковых отложений. Морены, ленточные глины, флювиогляциальные пески и покровные суглинки. Сезонная и многолетняя мерзлота. Деятельный слой. Два принципа строительства зданий на вечной мерзлоте.	2		метод. пособия, презентации	[1-8]	
2.4	Гравитационные процессы и явления на склонах и откосах: оползни, обвалы, осыпи, лавины. Степень устойчивости склона и скорость движения оползневого тела. Признаки оползневого склона. Противооползневые мероприятия профилактические (пассивные), активные и специальные (анкерные, инъекционные, физико-химические). Сейсмические процессы и явления. Происхождение землетрясений и моретрясений. Продольные и поперечные волны при землетрясениях и скорость их движения. Шкала сейсмической балльности. Сейсмическое районирование. Сейсмика Беларуси.	2		метод. пособия, презентации	[1-8]	контр. раб.

1	2	3	4	5	6	7
3	<b>Основы общей гидрогеологии и динамики подземных вод (10 ч.)</b>	<b>6</b>	<b>4</b>			
3.1	Гидрогеология, её объект, содержание и связь с науками. Гидрогеологические изыскания. Происхождение подземных вод. Зона аэрации и зона насыщения. Верховодка, болотные и грунтовые воды. Капиллярная кайма. Свободная поверхность, зеркало или уровень грунтовых вод (УГВ). Питание грунтовых вод и режим УГВ. Места разгрузки грунтовых вод и родники. Карты гидроизогипс и их значение для инженерного строительства.	2	2	метод. пособия, презентации	[1-4,7,8]	контр. раб.
3.2	Артезианские или напорные воды. Избыточный гидростатический напор над водоупорной кровлей артезианского пласта. Пьезометрический напор и пьезометрический уровень. Артезианские бассейны, их области питания, напора и разгрузки. Карты гидроизопьез. Изображение подземных вод на разрезах.	2		метод. пособия, презентации	[1-4,7,8]	контр. раб.
3.3	Потоки подземных вод. Основные гидродинамические элементы фильтрационного потока. Понятие о действительной скорости движения и скорости фильтрации подземных вод. Закон Дарси и водопроницаемость грунтов. Определение направления и действительной скорости подземных вод. Приток грунтовых и артезианских вод к скважине, канаве. Горизонтальный и вертикальный дренажи. Водопонижение. Гидрогеология Беларуси: её артезианские бассейны, хозяйственно-питьевые, промышленные и минерально-лечебные воды. Геоэкологические критерии оценки эксплуатационных запасов пресных подземных вод Беларуси.	2	2	метод. пособия, презентации	[1-4,7,8]	контр. раб.
4	<b>Инженерно-геологические изыскания (12 ч.)</b>	<b>4</b>	<b>8</b>			
4.1	Инженерно-геологическое обоснование проекта промышленного и гражданского строительства. Задания и программа изысканий. Состав и содержание отчёта по инженерно-геологическим исследованиям.	2	4	метод. пособия, презентации	[1-4,10-13]	
4.2	Методы инженерно-геологических изысканий: инженерно-геологическая съёмка и разрезы, буровые методы разведки, полевые исследования грунтов: откачки, наливки, прессиометрия, статическое и динамическое зондирование, опытные штампы. Понятие об электроразведке, георадаре и каротаже как основных геофизических методах исследования геологического строения территории.	2	4	метод. пособия, презентации	[1-4,10-13]	
5	<b>Гидрогеологические условия и охрана геологической среды Беларуси (2 ч.)</b> Региональные инженерно-геологические и гидрогеологические условия, охрана геологической среды Беларуси. Учёт гидрогеологических условий при захоронении вредных отходов в недра Беларуси. Гидрогеология Беларуси: её артезианские бассейны, хозяйственно-питьевые, промышленные и минерально-лечебные воды. Учёт гидрогеологических условий при захоронении вредных веществ и отходов производства в недрах Беларуси. Мониторинг и рекультивация земель.	<b>2</b>		метод. пособия, презентации	[4,8]	Экз.

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### КРИТЕРИИ ОЦЕНОК РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ

#### **10 баллов – десять:**

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку, использовать научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

#### **9 баллов – девять:**

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- точное использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы;
- полное усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на лабораторных занятиях, творческое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

#### **8 баллов – восемь:**

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем поставленным вопросам в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины (методами комплексного анализа, техникой информационных технологий), умение его эффективно использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;

- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, систематическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

**7 баллов – семь:**

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
- использование научной терминологии (в том числе на иностранном языке), лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им критическую оценку;
- самостоятельная работа на лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

**6 баллов – шесть:**

- достаточно полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
- использование необходимой научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- активная самостоятельная работа на лабораторных занятиях, периодическое участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

**5 баллов – пять:**

- достаточные знания в объеме учебной программы;
- использование научной терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении учебных и профессиональных задач;
- способность самостоятельно применять типовые решения в рамках учебной программы;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;

- умение ориентироваться в базовых теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им сравнительную оценку;
- самостоятельная работа на лабораторных занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий.

**4 балла – четыре, ЗАЧТЕНО:**

- достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;
- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении стандартных (типовых) задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные (типовые) задачи;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине и давать им оценку;
- работа под руководством преподавателя на лабораторных занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

**3 балла – три, НЕЗАЧТЕНО:**

- недостаточно полный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
- знание части основной литературы, рекомендованной учебной программой дисциплины;
- использование научной терминологии, изложение ответа на вопросы с существенными лингвистическими и логическими ошибками;
- слабое владение инструментарием учебной дисциплины, некомпетентность в решении стандартных (типовых) задач;
- неумение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях изучаемой дисциплины;
- пассивность на лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

**2 балла – два, НЕЗАЧТЕНО:**

- фрагментарные знания в рамках образовательного стандарта;
- знание отдельных литературных источников, рекомендованных учебной программой дисциплины;
- неумение использовать научную терминологию дисциплины, наличие в ответах грубых стилистических и логических ошибок;
- пассивность на лабораторных занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий.

**1 балл – один, НЕЗАЧТЕНО:**

- отсутствие знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта или отказ от ответа.

## **Методы (технологии) обучения**

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

- элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариантное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных и лабораторных занятиях;
- элементы учебно-исследовательской деятельности, реализация творческого подхода, реализуемые на лабораторных занятиях и при самостоятельной работе;
- проектные технологии, используемые при проектировании конкретного объекта, реализуемые при выполнении лабораторных работ.

Для улучшения усвоения и понимания студентами излагаемого материала весьма важно применение технических средств обучения: проектор, коллекции минералов и горных пород и другие наглядные пособия.

## **Организация самостоятельной работы студентов**

При изучении дисциплины используется следующая форма самостоятельной работы:

- контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения лабораторных работ под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов.

## **Диагностика компетенций студента**

Оценка учебных достижений студента при защите лабораторных работ проводится по системе зачет (незачет).

Оценка учебных достижений студента на экзамене производится по десятибалльной шкале.

Оценка промежуточных учебных достижений студентов осуществляется в соответствии с десятибалльной шкалой оценок.

Для оценки достижений студентов используется следующий диагностический инструментарий (в скобках – какие компетенции проверяются):

- выступление студента на конференции по подготовленному реферату (АК-1, АК-3, АК-4, АК-7, АК-8, СЛК-1, СЛК-3, СЛК-4, СЛК-6);
- проведение текущих контрольных опросов по отдельным темам (АК-1, АК-4, АК-6, АК-8, СЛК-2, СЛК-6, ПК-40);
- защита выполненных лабораторных работ (АК-1, АК-4, АК-6, СЛК-2, СЛК-6, ПК-40);
- сдача экзамена по дисциплине (АК-1, АК-4, АК-6, АК-8, СЛК-2, СЛК-6, ПК-20, ПК-33).

## **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Пешковский Л.М., Перескокова Т.М. Инженерная геология. М., 1982, 340 с.
2. Седенко М.В. Геология, гидрогеология и инженерная геология. Изд. 2-е, Минск: Высш. шк., 1975, 384 с.
3. Ананьев В.П., Коробкин В.И. Инженерная геология. М.: Высш. шк., 1973, 299 с.
4. Беспалова М.В. Инженерная геология. В 4 ч. Ч. I. Пороодообразующие минералы: лаб. практикум. Гомель: БелГУТ, 2010. – 38 с.; Ч. II. Горные породы: лаб. практикум. Гомель: БелГУТ, 2011. – 46 с.; Ч. III. Гидрогеологические карты и расчеты: лаб. практикум. Гомель: БелГУТ, 2013. – 32 с.; Ч. IV. Геологические карты и разрезы: лаб. практикум. Гомель: БелГУТ, 2014. – 44 с.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

5. Чернышов С.Н., Ревелис И.Л., Чумаченко А.Н. Задачи и упражнения по инженерной геологии. М., 1984, 185 с.
6. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов. М.: Высш. шк., 1982.
7. Гальперин А.М., Зайцев В.С., Норватов Ю.А. Гидрогеология и инженерная геология. М.: Недра, 1989, 382 с.
8. Богомолов Г.В., Шпаков О.Н. Гидрогеология Белорусского кристаллического массива. Мн.: Наука и техника, 1974, 156 с.

## НОРМАТИВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

9. СТБ 943–2007. Грунты. Классификация. – Мн.: Министерство архитектуры и стр-ва РБ, 2007. – 20 с.
10. ТКП 45-5.01-17-2006 (02250). Прочностные и деформационные характеристики грунтов по данным динамического зондирования. Правила определения. Мн.: Министерство архитектуры и стр-ва РБ, 2006. – 20 с.
11. ТКП 45-5.01-15-2005 (02250). Прочностные и деформационные характеристики грунтов по данным статического зондирования и пенетрационного каротажа. Правила определения. Мн.: Министерство архитектуры и стр-ва РБ, 2006. – 21 с..
12. ТКП EN 1997-2-2009 (02250). Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила. Мн.: Министерство архитектуры и стр-ва РБ, 2010. – 129 с.
13. ТКП EN 1997-2-2009 (02250). Еврокод 7. Геотехническое проектирование. Часть 2. Исследования и испытания грунта. Мн.: Мин-во архит. и стр-ва РБ, 2010. – 141 с.

## ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

### *Лабораторная работа № 1 – Породообразующие минералы*

Практическое определение свойств минералов по специально подобранной коллекции, заполнение соответствующих таблиц журнала. При макроскопическом изучении образцов минералов определение их цвета, цвета черты, блеска, спайности, твердости, реакции с соляной кислотой. Сопоставление и уточнение полученных данных с имеющимся описанием минералов.

Изучение шкалы Мооса, составление из имеющихся минералов, определение при помощи шкалы твердости образцов. Практическое применение минералов в строительстве. Производство искусственных минералов.

### *Лабораторная работа № 2 – Магматические горные породы*

Практическое определение свойств магматических горных пород по специально подобранной коллекции, заполнение соответствующих таблиц журнала. При макроскопическом изучении образцов магматических горных пород определение их цвета, блеска, структуры и текстуры. Сопоставление и уточнение полученных данных с имеющимся описанием магматических горных пород.

Изучение форм залегания магматических пород. Месторождения магматических пород, использование пород как строительных материалов, практическое применение.

### *Лабораторная работа № 3 – Осадочные горные породы*

Практическое определение свойств осадочных горных пород по специально подобранной коллекции, заполнение соответствующих таблиц журнала. При макроскопическом изучении образцов осадочных горных пород определение их цвета, структуры и текстуры. Сопоставление и уточнение полученных данных с имеющимся описанием осадочных горных пород.

Изучение условий образования осадочных горных пород, использование пород как строительных материалов, практическое применение.

***Лабораторная работа № 4 – Метаморфические горные породы***

Практическое определение свойств метаморфических горных пород по специально подобранной коллекции, заполнение соответствующих таблиц журнала. При макроскопическом изучении образцов метаморфических горных пород определение их цвета, структуры и текстуры. Сопоставление и уточнение полученных данных с имеющимся описанием метаморфических горных пород.

***Лабораторная работа № 5 – Основы геохронологии. Определение возраста и стратиграфической последовательности их образования***

Пользуясь геохронологической шкалой расположить предложенные геологические периоды в хронологическом порядке, написав их условные буквенные обозначения. Указать между породами какого возраста имеется стратиграфический перерыв.

Прочитать наименование и относительный возраст, предложенных магматических горных пород (приведены условные обозначения состава и возраст). Определить какая из пород образовалась раньше.

Прочитать наименование и относительный возраст, предложенных четвертичных отложений (приведены условные обозначения условий образований и возраст). Определить какая из пород образовалась раньше.

Расположить индексы эр в геохронологической последовательности от древнейших к современным.

Назвать периоды предложенных эр и расположить их в стратиграфической последовательности.

***Лабораторная работа № 6 – Построение карты гидроизогипс, топографического и геологического профиля***

Необходимо по предложенным вариантам:

- 1 Подсчитать абсолютные отметки уровня грунтовых вод в скважинах.
- 2 Построить карту гидроизогипс по отметкам уровня грунтовых вод методом интерполяции (сечение гидроизогипс через 1 м).
- 3 Вычислить по карте скорость движения подземных вод при коэффициенте фильтрации, равном 8 м/сут.
- 4 Определить направление движения подземных вод в отдельных пунктах карты.
- 5 Вычислить абсолютные отметки поверхности земли и поверхности воды на пикетах.
- 6 Построить топографический и гидрогеологический профиль по железнодорожной трассе.
- 7 Показать на топографическом профиле проектную линию максимального углубления выемки с учетом высоты капиллярного поднятия  $h_{\text{кап}} = 1,5$  м.

***Лабораторная работа № 7 – Построение геологической колонки***

Необходимо используя описание буровых скважин построить геологическую колонку скважины на миллиметровой бумаге формата А 4.

***Лабораторная работа № 8 – Построение геологического разреза***

Необходимо используя описание четырех буровых скважин построить геологический разрез в заданном масштабе на миллиметровой бумаге формата А 4.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ "**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ**"  
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, с которой требуется со- гласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в со- держании учебной программы по изу- чаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разрабо- тавшей учебную программу (с ука- занием даты и но- мера протокола)
Технология заводского производства железобе- тонных изделий	Строительное произ- водство		
Строительные конструп- ции	Строительные кон- струкции, основания и фундаменты		