

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

---

**Руководитель ОПОП ВО**  
доцент Д.Л. Устюгов

---

**Проректор по образовательной  
деятельности**  
Д.Г. Петраков

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

***ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕРЗЛЫХ ПОРОД***

<b>Уровень высшего образования:</b>	Специалитет
<b>Специальность:</b>	21.05.02 Прикладная геология
<b>Специализация:</b>	Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания
<b>Квалификация выпускника:</b>	Горный инженер-геолог
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доцент Николаева Т.Н.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Физико-механические свойства мерзлых пород»** составлена:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – специалитет по *специальности* 21.05.02 «Прикладная геология», утвержденного приказом Минобрнауки России № 953 от 12.08.2020 г.;

- на основании учебного плана специалитета по *специальности* 21.05.02 «Прикладная геология» специализация «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания».

Составитель

к.г.-м.н., доцент Николаева Т.Н.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры** гидрогеологии и инженерной геологии от 10.02.2022 г., протокол № 8.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

к.г.-м.н., доцент Устюгов Д.Л.

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса

\_\_\_\_\_

к.т.н.

Иванова П.В.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

Цель дисциплины:

– приобретение знаний о закономерностях формирования физико-механических свойств, специфике состава и состояния пород зоны многолетней мерзлоты, их нестабильности в связи с изменением естественных и техногенных условий; принципах использования многолетнемерзлых пород при строительном освоении криолитозоны.

Основные задачи дисциплины:

- изучение особенностей строения многолетнемерзлых пород (ММП) и их физико-механических свойств, криогенных процессов и условий строительства в условиях многолетней мерзлоты;
- овладение методиками определения показателей физико-механических свойств ММП и мерзлотного прогноза с использованием расчетных методов и нормативных документов;
- формирование представлений о внутренних связях в ММП, развитии в них реологических процессов, факторах, обуславливающих нестабильность механических свойств;
- приобретение навыков проведения инженерно-геокриологических исследований и выполнения инженерно-геологических расчетов, позволяющих оценить устойчивость и долговечность инженерных сооружений в сложных геокриологических условиях;
- приобретение навыков составления прогнозов взаимодействия мерзлых грунтов и инженерных сооружений в конкретных инженерно-геокриологических условиях;
- приобретение навыков практического применения полученных знаний и способностей для самостоятельной работы.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физико-механические свойства мерзлых пород» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений основной профессиональной образовательной программы по специальности 21.05.02 «Прикладная геология», специализация «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания» и изучается в 8 семестре.

Дисциплина «Физико-механические свойства мерзлых пород» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Инженерная геология месторождений полезных ископаемых, Инженерная геодинамика, Региональная инженерная геология; для подготовки курсовых проектов по дисциплинам Экономика и организация геологоразведочных работ и Инженерно-геологические изыскания, а также Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

Особенностью дисциплины является изучение особенностей строения многолетнемерзлых пород (ММП) и их физико-механических свойств, поскольку ММП имеют широкое распространение на территории России и используются в качестве грунтов основания или средой для размещения различных сооружений.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Физико-механические свойства мерзлых пород» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен прогнозировать гидрогеологические и инженерно-	ПСК-4	ПСК-4.1. Знать лабораторные и полевые методы исследования и методики определения гидрогеологических параметров и показателей физико-механических свойств горных пород для составления

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
геологические процессы и оценивать точность и достоверность прогнозов		прогнозов гидрогеологических и инженерно-геологических процессов.
		ПКС-4.2. Уметь прогнозировать опасные гидрогеологические и инженерно-геологические процессы и явления и выбирать технические средства для их предотвращения.
		ПКС-4.3. Владеть навыками проведения инженерно-геологических и гидрогеологических исследований с целью составления и последующей оценки точности и достоверности прогнозов опасных процессов и долговечности инженерных сооружений в сложных условиях с использованием современных технических средств и методик.
Способен проводить расчеты гидрогеологических параметров и устойчивости сооружений в связи с развитием негативных экзогенных геологических процессов	ПСК-9	ПКС-9.1. Знать методику проведения «разведочного анализа» исходных данных и подготавливать их для последующей математической обработки.
		ПКС-9.2. Уметь проводить расчеты гидрогеологических и инженерно-геологических параметров в связи развитием экзогенных геологических процессов; количественно оценивать геологическую изменчивость; осуществлять геологическую интерпретацию пространственных закономерностей.
		ПКС-9.3. Владеть методами расчетов гидрогеологических и инженерно-геологических параметров в связи развитием экзогенных геологических процессов; приемами и навыками математического исследования различных геологических объектов.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		8
<b>Аудиторные занятия (всего), в том числе:</b>	<b>32</b>	<b>32</b>
Лекции	16	16
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>40</b>	<b>40</b>
Аналитический информационный поиск	12	12
Подготовка к практическим занятиям	16	16
Работа в библиотеке	12	12
<b>Промежуточная аттестация - экзамен (Э)</b>	<b>36</b>	<b>36 (Э)</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	-	-
	<b>ак. час.</b>	<b>108</b>
	<b>зач. ед.</b>	<b>3</b>

## 4.2 Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа.

### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
1.	Раздел 1 Строение, состав, свойства мерзлых пород	48	12	12	-	24
2.	Раздел 2. Особенности использования многолетнемерзлых пород в качестве основания и вмещающей среды сооружений	24	4	4	-	16
<b>Итого:</b>		<b>72</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>40</b>

### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Строение, состав, свойства мерзлых пород	Границы распространения ММП. Общие понятия и терминология. Компонентный состав ММП. Структурные и текстурные особенности ММП. Физические свойства ММП: влажность, льдистость, плотность, пористость. Теплофизические свойства ММП: теплоемкость, теплопроводность, коэффициент температуропроводности, скрытая теплота плавления/замерзания. Состав и свойства основных компонентов ММП. Внутренние связи в ММП. Зарождение и развитие реологических процессов в ММП. Прочность смерзания и пучинистость ММП. Прочностные свойства ММП. Деформационные свойства ММП. Виды деформации ММП при сохранении их температуры и при оттаивании.	12
2	Особенности использования многолетнемерзлых пород в качестве основания и вмещающей среды сооружений	Принципы использования ММП в качестве основания и среды для размещения сооружений. Факторы, обуславливающие нестабильность механических свойств. Общие условия строительства на мерзлых породах. Сооружения различного назначения в зоне развития ММП.	4
<b>Итого:</b>			<b>16</b>

### 4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Определение показателей физических свойств мерзлых пород	2
		Определение показателей теплофизических свойств	2
		Определение нормативной глубины сезонного оттаивания по СП 25.13330.2020	2
		Определение нормативной глубины сезонного промерзания по СП 25.13330.2020	2
		Определение оснований и фундаментов на ММП	4
2	Раздел 2	Определение чаши оттаивания под сооружением по СП 25.13330.2020	2
		Определение ореола оттаивания вокруг подземного трубопровода	2
<b>Итого:</b>			<b>16</b>

### 4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные занятия не предусмотрены.

### 4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

- дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;
- стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке и оформлении практических работ.

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Строение, состав, свойства мерзлых пород**

1. Особенности строения, состава и свойств многолетнемерзлых пород.
2. Физические свойства ММП.
3. Теплофизические свойства ММП.
4. Деформационные свойства ММП.
5. Зарождение и развитие реологических процессов в ММП.

#### **Раздел 2. Особенности использования многолетнемерзлых пород в качестве основания и вмещающей среды сооружений**

1. Общие условия строительства на ММП.
2. Нормативная глубина сезонного промерзания.
3. Нормативная глубина сезонного оттаивания.
4. Предельные состояния, по которым рассчитываются основания из мерзлых грунтов.
5. Результаты действия кратковременной и длительной нагрузки на ММП.

### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

#### **6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине):**

1. Какими показателями характеризуются теплофизические свойства ММП?
2. Что понимают под аддитивной теплоемкостью?
3. Какие показатели льдистости свойственны ММП?
4. Что понимают под суммарной влажностью ММП?
5. Чему равна теплоемкость воды?
6. Какие показатели физических свойств ММП определяют экспериментально?
7. Что характеризует коэффициент теплопроводности?
8. От чего зависит теплота фазовых переходов?
9. Какие компоненты обеспечивают ползучесть ММП?
10. Какой тип связей играет наиболее важную роль в поведении ММП при внешних нагрузках?
11. На что влияет изменение содержания незамерзшей воды в ММП?
12. Как влияет минеральный и гранулометрический состав на проявление реологических свойств ММП?
13. В какой области фазовых превращений воды прочностные и деформационные характеристики слабо изменяются?
14. Как влияет температура на проявление реологических свойств мерзлых грунтов?
15. Чем характеризуется стадия установившейся ползучести ММП?
16. Что такое ползучесть мерзлых грунтов?
17. От чего зависит прочность смерзания ММП?
18. Какими нормативными документами регламентированы принципы строительства на мерзлых грунтах?
19. Как производится выбор принципа строительства на мерзлых грунтах?
20. Какие данные необходимы для расчета и проектирования сооружений по I принципу?
21. Какие дополнительные требования предъявляются к материалам при строительстве в условиях севера?
22. Как производится охлаждение грунта с поверхности?
23. Какие существуют схемы искусственного охлаждения и замораживания грунтов?
24. Что такое проветриваемое подполье и по какому принципу работает?
25. Какие горизонтальные и вертикальные системы стабилизации состояния грунтов Вам известны?
26. От каких параметров зависит глубина залегания фундаментов?
27. Какова цель расчета оснований и фундаментов по несущей способности?

28. Какова цель расчета оснований и фундаментов по деформациям?
29. Что такое нормативная глубина оттаивания мерзлого грунта?
30. От чего зависит несущая способность свай в условиях мерзлых грунтов?
31. Какие СОУ применяются при устройстве свайных фундаментов в условиях ММП?
32. Какие Вам известны способы проходки скважин в ММП?
33. Что такое лидерные скважины?
34. Что происходит в ММП при ее оттаивании?
35. Какие виды деформаций необходимо рассматривать при взаимодействии сооружений с ММП?

## 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

### Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	О чем свидетельствует повышенное содержание в мерзлой породе незамерзшей воды?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. об отсутствии прочности</li> <li>2. о малой деформируемости</li> <li>3. о массивной криотекстуре</li> <li>4. о повышенной сжимаемости</li> </ol>
2.	Многолетнемерзлая порода представляет собой:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. породу с отрицательной температурой, в которой часть воды в нем превратилась в лед</li> <li>2. засоленную породу с положительной температурой</li> <li>3. породу, в которой вся вода превратилась в лед</li> <li>4. породу, в которой есть микро- и макровключения льда</li> </ol>
3.	Для сохранения несущей способности ММП при использовании их в качестве основания сооружений наиболее часто устраивают:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. вентилируемые подполья</li> <li>2. сезонно действующие вертикальные и горизонтальные охлаждающие устройства</li> <li>3. охлаждающие каналы и трубы</li> <li>4. ни одно из перечисленного</li> </ol>
4.	Что способствует снижению модуля общей деформации ММП?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. увеличение времени действия нагрузки</li> <li>2. увеличение дисперсности породы</li> <li>3. понижение температуры</li> <li>4. ответы 1 и 2</li> </ol>
5.	Для расчета несущей способности оснований в ММП необходимо использовать показатель:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. сопротивление смерзанию мерзлой породы по поверхности сдвига</li> <li>2. коэффициент температуропроводности</li> <li>3. предельно длительное сопротивление сдвигу</li> <li>4. коэффициент теплопроводности мерзлой породы</li> </ol>
6.	Для устройства каких свай мерзлый грунт предварительно пропаривают?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. забивных</li> <li>2. опускных</li> <li>3. буронабивных</li> <li>4. буроопускных</li> </ol>
7.	Глубина сезонного промерзания-	1. температуры на глубине нулевых



	оттаивания не зависит от:	<p>годовых амплитуд</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. амплитуды колебания температур на поверхности грунта</li> <li>2. теплофизических характеристик</li> <li>3. теплоты фазовых переходов</li> </ol>
8.	Причиной неустойчивости свойств многолетнемерзлых пород является:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. скорость приложения внешней нагрузки</li> <li>2. температура</li> <li>3. все перечисленное</li> <li>4. длительность внешней нагрузки</li> </ol>
9.	Наименее существенное влияние на свойства ММП оказывает:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ни одно из перечисленных</li> <li>2. минеральная составляющая</li> <li>3. органическая составляющая</li> <li>4. лед</li> </ol>
10.	Какие типы структур характерны для мерзлых осадочных пород?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. слоистая</li> <li>2. пелитовая</li> <li>3. алевритовая</li> <li>4. ответы 2 и 3</li> </ol>
11.	Какая охлаждающая система при устройстве зданий и сооружений в зоне многолетней мерзлоты не требует энергетических затрат в процессе эксплуатации?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. система охлаждающих труб и каналов</li> <li>2. система горизонтальных сезоннодействующих охлаждающих установок (ГСОУ)</li> <li>3. вентилируемые подполья</li> <li>4. ответы 2 и 3</li> </ol>
12.	Замерзание связанной воды зависит от:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. амплитуды колебания температуры</li> <li>2. наличия органического вещества</li> <li>3. удельной поверхности грунта</li> <li>4. среднегодовой температуры на поверхности грунта</li> </ol>
13.	Понижение температуры ММП приводит к:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. увеличению деформируемости</li> <li>2. уменьшению льдистости</li> <li>3. увеличению прочности льда</li> <li>4. увеличению содержания незамерзшей воды</li> </ol>
14.	Величина суммарной влажности ММП зависит от:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. льдистости за счет макровключений</li> <li>2. влажности за счет льда-цемента</li> <li>3. от всего перечисленного</li> <li>4. от количества незамерзшей воды</li> </ol>
15.	Засоленность ММП сказывается на:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. снижении деформируемости</li> <li>2. увеличении прочности</li> <li>3. увеличении количества незамерзшей воды</li> <li>4. все перечисленные ответы</li> </ol>
16.	Как называют в мерзлотоведении переход воды в лед и наоборот?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. теплота плавления-замерзания</li> <li>2. эффективная теплоемкость</li> <li>3. нулевая завеса</li> <li>4. ни одно из перечисленных</li> </ol>
17.	Какие показатели, характеризующие пористость мерзлой породы, определяют?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. все перечисленное</li> <li>2. пористость мерзлой породы</li> <li>3. коэффициент пористости</li> </ol>

		4. пористость минерального скелета
18.	Уменьшение дисперсности многолетнемерзлых пород при прочих равных условиях приводит к:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. уменьшению количества незамерзшей воды</li> <li>2. сокращению удельной поверхности частиц</li> <li>3. повышению температуры начала замерзания</li> <li>4. все перечисленное</li> </ol>
19.	Какой вид воды в ММП имеет наиболее высокую температуру замерзания?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. свободная пресная</li> <li>2. все перечисленные</li> <li>3. сильноминерализованная</li> <li>4. прочносвязанная</li> </ol>
20.	Какой метод определения влажности применяется для ММП с тонкослоистой и мелкосетчатой криотекстурами, с расстоянием между шлирами не более 1 см?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. бороздки</li> <li>2. весовой</li> <li>3. средней пробы</li> <li>4. точечный</li> </ol>

### *Вариант 2*

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Величина плотности сухого грунта необходима для определения:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. коэффициента теплопроводности талых и мерзлых грунтов</li> <li>2. коэффициента температуропроводности талого и мерзлого грунта</li> <li>3. всего перечисленного</li> <li>4. эффективной теплоемкости пород</li> </ol>
2.	Какая температура учитывается при расчете нормативной глубины сезонного промерзания?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. температура воздуха за период отрицательных температур</li> <li>2. температура на глубине нулевых годовых амплитуд</li> <li>3. температура начала замерзания</li> <li>4. ответы 1 и 3</li> </ol>
3.	Какая температура учитывается при расчете нормативной глубины сезонного оттаивания?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. температура на поверхности грунта в зимний период</li> <li>2. температура воздуха за период положительных температур</li> <li>3. все перечисленные</li> <li>4. температура грунта под снегом</li> </ol>
4.	Какие конструктивные мероприятия применяют при строительстве зданий на вентилируемых подпольях?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. отмостка вокруг здания для отвода аварийных вод</li> <li>2. все перечисленное</li> <li>3. уклон поверхности земли от центра здания</li> <li>4. металлические лотки под трубами санитарно-технических коммуникаций</li> </ol>
5.	Какие виды деформаций возникают при оттаивании ММП?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. уплотнения</li> <li>2. все перечисленные</li> <li>3. осадки</li> <li>4. просадки</li> </ol>

6.	Какие дополнительные требования предъявляются к материалам при строительстве в условиях севера?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. морозостойкость</li> <li>2. высокая теплопроводность</li> <li>3. ответы 1 и 4</li> <li>4. водоустойчивость</li> </ol>
7.	Применение различных принципов использования ММП допускается:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. на линейных сооружениях</li> <li>2. на одной площадке, застраиваемой группой сооружений</li> <li>3. при отсутствии теплового влияния соседних сооружений друг на друга</li> <li>4. ответы 1 и 4</li> </ol>
8.	Тепловое влияние отдельных сооружений друг на друга устраняется путем:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. достаточной удаленности друг от друга</li> <li>2. ответы 1 и 3</li> <li>3. устройством мерзлотных поясов</li> <li>4. при строительстве на твердомерзлых породах</li> </ol>
9.	Какая охлаждающая система при строительстве на ММП требует предварительного устройства подсыпки?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. вентилируемые подполья</li> <li>2. сезонно действующие горизонтальные охлаждающие устройства</li> <li>3. охлаждающие каналы и трубы</li> <li>4. ответы 2 и 3</li> </ol>
10.	Какая из применяемых охлаждающих систем использует наружный воздух, побудительно подавая его?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. вентилируемые подполья</li> <li>2. сезонно действующие горизонтальные охлаждающие устройства</li> <li>3. охлаждающие каналы и трубы</li> <li>4. ни один из перечисленных</li> </ol>
11.	Какая из применяемых охлаждающих систем использует хладореагенты?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. вентилируемые подполья</li> <li>2. сезонно действующие горизонтальные охлаждающие устройства</li> <li>3. охлаждающие каналы и трубы</li> <li>4. ни один из перечисленных</li> </ol>
12.	Метод режущего кольца применяют для определения плотности:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. грунтов с массивной криотекстурой</li> <li>2. песчаных грунтов</li> <li>3. минеральных прослоев</li> <li>4. все перечисленные</li> </ol>
13.	Какую мощность должна иметь крупноскелетная подсыпка под здания и сооружения для устройства в ней охлаждающих систем?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1 м</li> <li>2. &gt;2,5 м</li> <li>3. равна мощности слоя сезонного оттаивания</li> <li>4. ни один из перечисленных</li> </ol>
14.	Какие показатели влажности включает в себя влажность минеральных прослоев?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. влажность за счет макро- и микровключений</li> <li>2. влажность за счет незамерзшей воды</li> <li>3. влажность за счет макровключений и незамерзшей воды</li> <li>4. влажность за счет</li> </ol>

		микровключений и незамерзшей воды
15.	Существенное изменение количества незамерзшей воды в интервале температур $0 \div -10^{\circ}\text{C}$ при прочих равных условиях отмечается в:	1. всех перечисленных 2. легких супесях 3. глинах 4. суглинках
16.	Количество незамерзшей воды в незасоленной дисперсной ММП увеличивается вследствие:	1. уменьшения удельной поверхности породы 2. ответы 3 и 4 3. увеличения содержания органики 4. снижения величины отрицательной температуры
17.	Количество тепла, которое необходимо сообщить единице массы породы, чтобы изменить ее температуру на 1 градус, это:	1. коэффициент теплопроводности 2. ни одно из перечисленных 3. объемная теплоемкость 4. удельная теплоемкость
18.	Как влияет увеличение пористости льда на величину его теплопроводности?	1. теплопроводность увеличивается 2. теплопроводность остается неизменной 3. теплопроводность уменьшается 4. пористость не влияет на теплопроводность ММП
19.	Чему равна удельная теплоемкость чистой воды?	1. 1 ккал/(кг·°C) 2. 2,09 кДж/(кг·°C) 3. 4,19 кДж/(г·°C) 4. ответ 1 и 3
20.	Какой показатель теплофизических свойств промерзающих и протаивающих пород учитывает теплоту фазовых переходов воды?	1. аддитивная теплоемкость 2. ответы 3 и 4 3. эффективная теплоемкость 4. эффективный коэффициент температуропроводности

### Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	В каких единицах измеряется коэффициент температуропроводности?	1. кДж/кг 2. ни один из перечисленных 3. м/час 4. Вт/(м·К)
2.	В чем заключаются недостатки трубчатых и канальных охлаждающих систем при строительстве на ММП?	1. в них замерзает конденсат с образованием ледяных пробок 2. их необходимо укладывать глубже 3,5 м 3. все перечисленное 4. из располагают ниже слоя сезонного оттаивания
3.	В каких мерзлых породах при температурах, близких к началу замерзания, эффективная теплоемкость значительно выше аддитивной?	1. во всех перечисленных 2. в глинах 3. в супесях 4. в суглинках
4.	В каких единицах измеряется	5. кДж/кг

	коэффициент температуропроводности?	6. ни один из перечисленных 7. м/час 8. Вт/(м·К)
5.	Удельная теплота фазовых превращений равна:	1. 80 кал/г 2. 93 Вт·ч/кг 3. 335 кДж/кг 4. все перечисленные
6.	Формула для расчета теплоты таяния (замерзания) грунта, это:	1. ни один из перечисленных 2. $L_v = L_0(w_{tot} + w_w)\rho_d$ 3. $L_v = L_0(w_{tot} - w_w)\rho$ 4. $L_v = L_0(w_{tot} + w_m)\rho_d$
7.	Коэффициент теплопроводности связанной и свободной воды принимается равным:	1. ни один из перечисленных 2. 2 ккал/(м·ч·град) 3. 0,5 ккал/(м·ч) 4. 0,2 ккал/(м·град)
8.	Теплопроводность пород (при прочих равных условиях) понижается при:	1. уменьшении степени заполнения пор льдом и незамерзшей водой 2. уменьшении количества воздуха в поровом пространстве 3. увеличении дисперсности 4. понижении концентрации порового раствора
9.	Удельная теплоемкость имеет размерность:	1. кДж/(г·град) 2. Дж/(м <sup>3</sup> ·град) 3. Дж/(кг·град) 4. ответы 1 и 3
10.	К чему, при прочих равных условиях, приводит уменьшение дисперсности пород в области развития многолетней мерзлоты?	1. увеличению количества незамерзшей воды 2. увеличению теплопроводности 3. снижению гидрофильности 4. ответы 2 и 3
11.	При каких условиях в промерзающих/протаивающих глинистых грунтах эффективная теплоемкость существенно отличается от аддитивной?	1. при температурах, близких к 0 °С 2. ответы 1 и 3 3. в температурной области интенсивных фазовых переходов 4. такого условия не существует
12.	В каких грунтах при температурах ниже минус 8-10°С эффективная теплоемкость мало отличается от аддитивной?	1. песках 2. ответы 3 и 4 3. супесях 4. глинах
13.	Длительность нагружения мерзлых песков сказывается на величину:	1. сцепление 2. общее сопротивление сдвигу 3. прочность смерзания 4. все перечисленное
14.	Для каких разновидностей мерзлых пород можно учитывать в расчетах лишь сцепление?	1. низкотемпературных ММП 2. ответы 3 и 4 3. мерзлых глин 4. высокотемпературных ММП
15.	Сжимаемость ММП уменьшается при:	1. повышении отрицательной температуры 2. увеличении толщины пленок

		незамерзшей воды 3. ответы 1 и 4 4. снижении количества солей
16.	Какой показатель пористости не определяется для талых пород в отличие от многолетнемерзлых?	1. ни один из перечисленных 2. пористость мерзлой породы 3. коэффициент пористости 4. пористость минерального скелета
17.	Стадия установившейся ползучести ММП характеризуется:	1. ни один из перечисленных 2. разуплотнением мерзлого грунта 3. возрастающей скоростью деформирования 4. пластической потерей устойчивости грунта
18.	Наименьшая прочность смерзания с деревом (по Н.А. Цытовичу) характерна для:	1. глин 2. гравия 3. водонасыщенных среднезернистых песков 4. водонасыщенных пылеватых песков
19.	Мгновенная прочность льда падает при:	1. длительном действии внешней нагрузки 2. повышении температуры 3. понижении температуры 4. ответы 1 и 3
20.	Механические свойства мерзлых пород меняются незначительно при:	1. ответы 2 и 3 2. неизменной температуре 3. мгновенном приложении нагрузки 4. длительном приложении нагрузки

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

#### 6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамена)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

**Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:**

<b>Количество правильных ответов, %</b>	<b>Оценка</b>
0-49	Неудовлетворительно
50-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

**7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**7.1. Рекомендуемая литература**

**7.1.1. Основная литература**

1. Грунтоведение: учебник /В.Т.Трофимов, В.А. Королев, Е.А. Вознесенский и др.; под ред. В.Т.Трофимова. - 6-е изд., перераб. и доп. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 2005.- 1024 с.
2. Ершов Э.Д. Общая геокриология: учеб. для вузов / Э.Д.Ершов. - М.: Недра, 1990.-559 с.
3. Ершов Э.Д. Физико-химия и механика мерзлых пород: учеб. пособие / Э.Д.Ершов. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. - 333 с.
4. Пендин В.В. Мерзлотоведение [Электронный ресурс: учеб. пособие / В.В. Пендин, В.О. Подборская, Т.П. Дубина. — Электрон, дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 172 с. <https://e.lanbook.com/book/92655>.

**7.1.2. Дополнительная литература**

1. Ершов Э.Д. Петрография мерзлых пород: учебник / Э.Д.Ершов, И.Д.Данилов, В.Г.Чевеверев. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. -311 с.
2. Инженерная геокриология: Справ. пособие / Под ред. Э.Д.Ершова. - М.: Недра, 1991.-439с.
3. Охотин В.В. Физические и механические свойства грунтов в зависимости от их минералогического состава и степени дисперсности / В.В. Охотин. - М.: Издательство ГУШОСДОРа, 1937. -123 с. <http://biblioclub.ru/index.php?page-book&id=469811>
4. Рашкин А.В. Тепловая и водная подготовка горных пород при разработке мерзлых россыпей [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.В. Рашкин, П.Б. Авдеев, Ю.В. Субботина. — Электрон, дан. — Москва: Горная книга, 2007. — 352 с. <https://e.lanbook.com/book/3260>. [http://irbis.spmi.ru/jirbis2/components/com\\_irbis/pdf\\_view/](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/components/com_irbis/pdf_view/)
5. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов (общая и прикладная): учеб. пособие / Н.А. Цытович. - М.: Высшая школа, 1973.-448 с.

**7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Физико-механические свойства мерзлых пород: Метод, указания к лаб. работам для студентов спец. 130101 / сост.: Т.Н. Николаева, В.А. Усов; [Электронный ресурс]. Нац. минер.-сырьевой ун-т "Горный", Каф. гидрогеологии и инженерной геологии. - СПб. : Горн, ун-т, 2014. - 53 с. <http://irbis.spmi.ru/jirbis2/>

**7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Информационно-издательский центр по геологии и недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации - ООО "ГЕОИНФОРММАРК"- <http://www.geoinform.ru>.
2. Информационно-аналитический центр «Минерал» - <http://www.mineral.ru/>
3. КонсультантПлюс: справочно-поисковая система [Электронный ресурс]. — [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru).
4. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>.
5. Свободная энциклопедия Википедия: <https://ru.wikipedia.org>.
6. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>.
7. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>.
8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru>.

9. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru>.
10. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>.
11. Электронно-библиотечная система «Знаниум»: <http://znanium.com>.
12. Электронно-библиотечная система «Библиокомплектатор»: <http://bibliocomplectator.ru>.
13. Электронно-библиотечная система «БиблиоРоссика»: <http://www.bibliorossica.com>.
14. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»: <http://biblioclub.ru>.
15. Электронный каталог Горного университета: <http://www.catalog.spmi.ru/marcweb2/Default.asp>.
16. Электронная библиотека Горного университета: <http://irbis.spmi.ru/jirbis2>.
17. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий**

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий.**

48 посадочных мест: Мебель аудиторная: стол ученика – 25 шт., стул – 49 шт., доска аудиторная, комплекс мультимедийный (экран, трибуна, микрофон), шкафы для хранения карт.

#### **Аудитории для проведения практических занятий.**

48 посадочных мест: Мебель аудиторная: стол ученика – 25 шт., стул – 49 шт., доска аудиторная, комплекс мультимедийный (экран, трибуна, микрофон), шкафы для хранения карт.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional:ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования» Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования», Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции», Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011, Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012

Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP Professional: Microsoft Open License 16020041 от 23.01.200.

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1



шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 .

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010 .

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор №559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения»

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMath Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

### **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., балон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стуля – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011)

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

### **8.4. Лицензионное программное обеспечение**

1. Microsoft Windows 7 Professional

2. Microsoft Office 2010 Professional Plus