

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА**

**Геологический факультет**

**Кафедра инженерной и экологической геологии, кафедра геокриологии**

**Утверждена УМС**

**Геологического факультета МГУ**

**ПРОГРАММА**

**вступительного экзамена в аспирантуру по специальности 25.00.08**

**«Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение»**

Составили:

проф. Е.А.Вознесенский

проф. Э.В.Калинин

доц. Т.И.Аверкина

проф. А.В.Брушков

# Раздел I. Инженерная геология

## Часть I. Грунтоведение

### 1. Содержание и структура грунтоведения и его положение в системе геологических наук

Теоретико-методологические основы грунтоведения. Определение грунтоведения как науки. Объект и предмет грунтоведения. Этапы развития грунтоведения. Типы задач и типы систем, исследуемые в грунтоведении. Типы показателей и классификаций в грунтоведении и вопросы классифицирования свойств грунтов. Содержательные задачи грунтоведения. Методологические положения и основной закон грунтоведения. Научный метод грунтоведения. Структура грунтоведения как науки.

Положение грунтоведения в системе геологического знания. Грунтоведение в системе теоретического геологического знания. Грунтоведение в системе практического геологического знания. Связь грунтоведения с естественными, техническими и социально-экономическими науками.

### 2. Состав грунтов

Твердая фаза грунтов. Подразделение твердой фазы при инженерно-геологическом изучении горных пород. Строение и свойства первичных силикатов, простых солей, сульфидов и металлических соединений грунтов. Строение и свойства глинистых минералов, их природные ассоциации в грунтах. Органическое вещество и органо-минеральные комплексы. Лед в грунтах. Газовые гидраты в грунтах.

Жидкая фаза грунта. Состав и структура жидкой фазы грунтов. Показатели количественного содержания жидкой фазы в грунтах. Классификация и свойства воды разных видов жидкой фазы грунтов. Показатели энергетического состояния и содержания различных категорий воды в грунтах. Влияние жидкой фазы на свойства грунтов.

Газовая фаза грунтов. Происхождение и состав газов в грунтах. Газы природного происхождения. Газы техногенного происхождения. Показатели содержания газов в грунтах. Состояние газов в грунтах. Влияние газов на свойства грунтов.

Биотическая составляющая грунтов. Видовой состав живых организмов в грунтах. Состав микро- и макроорганизмов в грунтах. Количество и условия существования биотической составляющей в грунтах. Условия существования микроорганизмов и макроорганизмов в грунтах. Влияние жизнедеятельности биоты на состав, строение, состояние и свойства грунтов. Влияние макро- и микроорганизмов на грунты.

### 3. Строение грунтов

Морфология структурных элементов грунтов. Размер структурных элементов твердой компоненты и их количественное соотношение. Гранулометрический и микроагрегатный составы грунтов. Гранулометрические классификации грунтов. Форма элементов твердой компоненты, ее количественная оценка. Поверхность твердых компонентов грунта. Межфазная граница "твердый компонент-газ", "твердый компонент-жидкость", между твердыми компонентами. Межфазная граница с участием биоты. Взаимосвязь минерального состава и дисперсности грунтов.

Связи между структурными элементами грунтов. Типы контактов между структурными элементами грунтов. Типы и форма контактов частиц в газовой среде, с участием жидкости, твердофазовых контактов. Структурные связи в грунтах: химические, физические, физико-химические и биотические структурные связи. Теория контактных взаимодействий в грунтах.

Структурно-пространственная организация грунтов. Количественное соотношение и расчет соотношения компонент грунтов. Особенности компонентных составов разных грунтов.

Пустотность грунтов. Поровая пустотность грунтов. Морфология пор и приуроченность к структурным элементам грунтов. Трещинная пустотность грунтов.

Строение, структура и текстура грунтов. Подразделение структур и текстур в грунтоведении. Строение скальных магматических грунтов. Строение скальных метаморфических грунтов. Строение скальных осадочных сцементированных грунтов. Строение дисперсных (обломочных) грунтов: крупнообломочных, песчаных, пылеватых (лессовых и лессовидных) и глинистых грунтов. Строение мерзлых магматических, метаморфических и осадочных грунтов. Структуры и текстуры мерзлых грунтов.

#### **4. Свойства грунтов**

Химические свойства грунтов. Химические реакции и равновесия в грунтах. Растворимость грунтов. Химическая поглотительная способность грунтов. Кислотно-основные свойства грунтов. Агрессивность грунтов. Основные факторы, определяющие химические свойства грунтов.

Физико-химические свойства грунтов. Адсорбционные свойства. Ионнообменные свойства. Адгезионные свойства и липкость грунтов. Диффузионные свойства. Осмотические свойства. Капиллярные свойства. Набухаемость грунтов. Усадочность грунтов. Водопрочность грунтов. Размокаемость грунтов. Размягчаемость грунтов. Размываемость грунтов. Основные факторы, определяющие физико-химические свойства грунтов.

Физические свойства грунтов. Плотностные свойства грунтов: плотность твердых частиц грунта, плотность грунта, плотность скелета грунта; использование показателей плотностных свойств для расчета пористости и других характеристик грунта. Гидрофизические свойства грунтов: влагоемкость, влагоотдача, водопоглощение, водопроницаемость грунтов; влагопроводность в ненасыщенных грунтах, термовлагопроводность грунтов. Газофизические свойства грунтов: газопроницаемость грунтов, диффузия газов в грунтах, испаряемость влаги в грунтах, аэродинамические свойства грунтов. Теплофизические свойства грунтов: теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность, термическое расширение и морозостойкость грунтов. Электрические свойства грунтов: электропроводность грунтов, поверхностная проводимость грунтов, диэлектрическая проницаемость грунтов. Электрокинетические свойства грунтов: электроосмос, электрофорез в грунтах. Электрохимические свойства грунтов. Коррозионная способность грунтов. Магнитные свойства грунтов и их природа и влияние на строение и свойства глинистых грунтов. Радиационные свойства грунтов. Основные факторы, влияющие на физические свойства грунтов.

Биотические свойства грунтов. Биологическая активность грунтов. Биокоррозия и биоагрессивность грунтов. Биологическая поглотительная способность грунтов. Основные факторы, определяющие биотические свойства грунтов.

Физико-механические свойства грунтов. Основные понятия о напряжениях и видах деформаций в грунтах. Деформационные свойства грунтов: упругие свойства, компрессионная сжимаемость грунтов, просадочность грунтов. Прочность грунтов: сопротивление грунтов одноосному сжатию, одноосному растяжению, сдвигу. Реологические свойства грунтов: ползучесть грунтов, релаксация напряжений в грунтах, длительная прочность грунтов. Динамические свойства грунтов: поведение грунтов при вибрационных воздействиях, поведение грунтов при импульсных воздействиях, разжижаемость грунтов.

Корреляция между показателями состава и свойств грунтов. Нормативные и расчетные показатели. Инженерно-геологический элемент как структурная единица массива грунтов.

## **5. Характеристика грунтов различных классов**

Общая классификация грунтов. Содержание, назначение и типы созданных общих классификаций грунтов. Общая классификация грунтов и подход к ее составлению.

Класс природных скальных грунтов. Скальные грунты нерастворимые. Полускальные грунты нерастворимые. Скальные и полускальные грунты растворимые.

Класс природных дисперсных грунтов. Несвязные грунты: крупнообломочные и песчаные грунты. Связные грунты: минеральные глинистые и пылеватые (лессовые) связные грунты, органо-минеральные связные грунты, органические связные грунты.

Класс природных мерзлых грунтов. Мерзлые скальные ледо-минеральные грунты. Мерзлые дисперсные ледо-минеральные и органо-ледяные грунты. Мерзлые дисперсные ледо-минеральные и минерально-ледяные грунты. Мерзлые дисперсные органо-минерально-ледяные и органо-ледяные грунты. Мерзлые ледяные грунты.

Царство техногенных (искусственных) грунтов. Класс скальных и полускальных техногенных (искусственных) грунтов: инъекционно закрепленные грунты, термически упроченные грунты, техногенно ухудшенные грунты, антропогенно образованные грунты. Класс дисперсных несвязных и связных техногенных (искусственных) грунтов. Класс мерзлых техногенных (искусственных) грунтов.

## **6. Современные представления о формировании состава, строения, состояния и свойств грунтов и характеристика основных их генетических групп**

Главнейшие факторы формирования состава, строения и свойств грунтов. Исходный состав расплава или выветривающихся пород. Способ формирования осадка или породы. Температура. Давление. Подземные воды и поровые растворы. Физико-химические условия среды. Фактор времени.

Главные закономерности формирования свойств грунтов разных генетических классов. Магматические грунты. Метаморфические грунты. Осадочные грунты. Стадийность формирования осадочных грунтов. Образование исходного материала при выветривании. Перенос и отложение осадочного материала. Преобразование осадка в породу (диагенез). Постдиагенетические преобразования. Некоторые особенности формирования свойств глинистых грунтов при литогенезе. Формирование просадочных свойств лессовых грунтов. Особенности формирования карбонатных, галоидных, кремнистых грунтов и их свойств. Вулканогенно-осадочные грунты. Криогенные (мерзлые) грунты. Техногенные (искусственные) грунты.

Характеристика грунтов магматического генезиса. Интрузивные породы как грунты. Эффузивные породы как грунты.

Характеристика грунтов метаморфического генезиса. Динамотермально-метаморфизованные породы как грунты. Катакlastическо-метаморфизованные породы как грунты.

Характеристика грунтов осадочного генезиса. Генетические типы и распространенность осадочных отложений. Распространенность, генетические

компоненты и состав осадочных пород. Зоны осадкообразования и типы литогенеза (седиментогенеза). Генетические типы отложений и их общая классификация.

Континентальные осадочные породы как грунты. Элювиальные образования как грунты. Субэраально-фитогенные отложения как грунты. Обвальное-осыпные отложения как грунты. Оползневые отложения как грунты. Солифлюкционные отложения как грунты. Делювиальные отложения как грунты. Проллювиальные отложения как грунты. Аллювиальные отложения как грунты. Озерные отложения как грунты. Подземно-водные (субтерральные) отложения как грунты. Ледниковые отложения как грунты. Флювиогляциальные (ледниково-речные) отложения как грунты. Лимногляциальные (ледниково-озерные) отложения как грунты. Эоловые отложения как грунты.

Морские осадочные породы как грунты. Механогенные морские отложения как грунты. Хемогенные морские отложения как грунты. Биогенные морские отложения как грунты. Подводно-элювиальные морские отложения как грунты.

Характеристика грунтов вулканогенно-осадочного генезиса. Эффузивно-осадочные породы как грунты. Эксплозивно-осадочные породы как грунты. Гидротермно-осадочные породы как грунты.

Характеристика грунтов криогенного генезиса. Синкриогенные породы как грунты. Эпикриогенные породы как грунты. Диакриогенные породы как грунты.

Характеристика почв как грунтов. Понятие о почве как особом природном образовании и её специфика как грунта. Подразделение почв как грунтов. Характеристика основных типов почв как грунтов.

Характеристика техногенных (искусственных) грунтов. Техногенные грунты, созданные преобразованием природных грунтов в условиях их естественного залегания. Улучшенные скальные грунты. Улучшенные дисперсные грунты. Улучшенные криогенные грунты. Ухудшенные грунты. Техногенные грунты, созданные перемещением природных грунтов в процессе строительной и другой производственной деятельности. Насыпные грунты. Намывные грунты. Техногенные грунты, созданные как отходы хозяйственной деятельности человечества. Насыпные промышленные и бытовые отходы как грунты. Культурный слой. Намывные промышленные отходы как грунты.

## **7. Массивы грунтов**

Общие представления о массиве грунтов и факторах, определяющих его особенности. Понятие "массив горных пород", "инженерно-геологический массив", "массив грунтов". Факторы, определяющие особенности поведения массивов грунтов: вещественный состав, выветрелость, трещиноватость, газонасыщенность, обводненность, температура, фазовое состояние жидкой компоненты, анизотропия. Неоднородность

строения и свойств массива грунтов. Напряженно-деформированное состояние массива грунтов. Классифицирование массивов грунтов.

Характеристика массивов грунтов разных типов. Массивы, сложенные природными грунтами одного класса: массивы скальных природных грунтов, массивы дисперсных природных грунтов, массивы мерзлых природных грунтов.

Массивы, сложенные природными грунтами разных классов: дисперсными и скальными природными грунтами, дисперсными, скальными и мерзлыми природными грунтами.

Массивы техногенно преобразованных природных и техногенно созданных грунтов. Массивы скальных техногенно преобразованных грунтов, массивы дисперсных техногенно преобразованных грунтов, массивы мерзлых техногенно преобразованных грунтов, массивы скальных техногенно созданных грунтов, массивы дисперсных техногенно созданных грунтов, массивы мерзлых техногенно созданных грунтов.

### **Литература**

#### *а) основная литература*

1. Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А., Голодковская Г.А., Васильчук Ю.К., Зиангиров Р.С. Грунтоведение/ Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во Моск. ун-та. 2005. 1024 с.
2. Лабораторные работы по грунтоведению/ Под ред. В.Т. Трофимова и В.А. Королева. М.: Высшая школа, 2008. 519 с.
3. Практикум по грунтоведению/ Под ред. В.Т. Трофимова и В.А. Королева. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. 390 с.
4. Инженерная геология России. Том 1. Грунты России/ Под ред. В.Т. Трофимова, Е.А. Вознесенского и В.А. Королева. М.: КДУ, 2011. 674 с.

#### *б) дополнительная литература*

1. Вознесенский Е.А. Поведение грунтов при динамических нагрузках. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 287 с.
2. Королев В.А. Термодинамика грунтов. М.: Изд-во Моск. ун-та. 1997.
3. Лессовый покров Земли и его свойства/ Под ред. В.Т. Трофимова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 464 с.
4. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л.: Недра, 1984. 511 с.
5. Методическое пособие по инженерно-геологическому изучению горных пород. В 2-х т. /Под ред. Е.М. Сергеева и др. М.: Недра, 1984, 320 с.
6. Основы геокриологии. Инженерная геокриология/ Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999.

7. Теоретические основы инженерной геологии. Физико-химические основы/ Под ред. Сергеева Е.М. М.: Недра. 1985. 288 с.
8. Теоретические основы инженерной геологии. Механико-математические основы/ Под ред. Сергеева Е.М. М.: Недра, 1986. 256 с.
9. Трофимов В.Т. Теоретические аспекты грунтоведения. М.: Изд-во Моск. ун-та. 2003. 114 с.

## **Часть II. Инженерная геодинамика**

**Введение.** Инженерная геодинамика как научное направление инженерной геологии. Определение инженерной геодинамики как теоретического раздела науки.

Цели, задачи, содержание и объекты исследования инженерной геодинамики; ее значение для инженерного строительства, использования и охраны территорий.

Связь инженерной геодинамики с естественными и техническими науками.

Краткий очерк истории развития инженерной геодинамики в России и в зарубежных странах. Роль отечественных ученых в создании инженерной геодинамики (Ф.П. Саваренский, Г.Н. Каменский, И.В. Попов, Е.М. Сергеев, Г.С. Золотарев, В.Д. Ломтадзе, Г.К. Бондарик и др.).

### **1. Теоретико-методологические основы инженерной геодинамики. Среда, факторы и причины развития геологических и инженерно-геологических процессов**

1.1. Методологические основы инженерной геодинамики. Геологические и инженерно-геологические процессы как специфическая форма движения материи в верхних горизонтах земной коры; взаимообусловленность развития и унаследованность геологических процессов; прямые и обратные связи между эндо- и экзогенными процессами, между процессами и техногенными воздействиями. Нестационарный режим процессов.

Основные направления и перспективы совершенствования изучения условий формирования, закономерностей развития, механизма и распространения геологических и инженерно-геологических процессов и явлений. Прогнозы (количественные, временные, по местоположению, механизмам развития) как одна из главных задач инженерной геодинамики.

Осуществление комплексных наблюдений за современными геологическими и инженерно-геологическими процессами и явлениями с целью их анализа и создание постоянно действующих моделей процессов для их исследования, прогноза и разработки мероприятий по управлению процессами.

1.2. Современные геологические процессы как главнейший компонент инженерно-геологических условий. Динамичность геологической среды и основных природных и техногенных факторов. Познание основных закономерностей, механизма и распространения геологических и инженерно-геологических процессов как неперемное условие и составная часть инженерно-геологического обоснования выбора места расположения сооружения или территории хозяйственного освоения, технологии строительства, режима эксплуатации и создания принципиальных инженерных схем эффективной инженерной защиты территорий от опасных последствий природных процессов и снижения социально-экологического и материального ущерба.

1.3. Горные породы как среда возникновения и протекания геологических процессов. Значение состава, свойств, состояния и залегания пород в образовании и развитии геологических процессов. Особенности протекания геологических и инженерно-геологических процессов в районах распространения многолетнемерзлых пород.

1.4. Роль складчатых и разрывных тектонических дислокаций и неотектонических движений в развитии экзогенных геологических процессов. Трещиноватость горных пород, ее инженерно-геологическое изучение и оценка. Генетические типы трещин, их характеристика и классификации. Показатели трещиноватости пород. Значение трещиноватости пород для оценки прочностных, деформационных и фильтрационных свойств массива пород и для развития геологических процессов. Методы изучения трещиноватости горных пород.

1.5. Естественное напряженное состояние пород и факторы его определяющие. Гравитационное и тектоническое поля напряжений. Величины и распределение напряжений в районах разного геологического строения, неотектонической активности, обводненности и расчлененности территории. Роль перераспределения напряжений в возникновении и интенсивности современных геологических процессов. Принципы и методы (геологические, геофизические и экспериментальные) изучения полей напряжений в массиве пород.

1.6. Рельеф как отражение деятельности древних и современных эндогенных и экзогенных геологических процессов. Проявление в рельефе свойств пород. Инженерно-геологическое значение изучения рельефа.

1.7. Подземные воды как один из главных инженерно-геологических факторов, обуславливающих изменение свойств горных пород и возникновение и развитие современных геологических и инженерно-геологических процессов. Значение режима подземных вод. Понятие о гидрогеомеханических процессах: оседание земной поверхности при откачках, выпор дна котлованов и другие явления.

1.8. Инженерная деятельность человека как геологический фактор. Инженерно-геологические процессы как техногенные аналоги природных. Общие, региональные и специальные инженерно-геологические классификации процессов. Зависимость характера и интенсивности процессов от комплексов пород, подземных вод, климато-гидрологических, техногенных и других факторов. Особенности геологических и инженерно-геологических процессов в районах многолетней и сезонной мерзлоты. Методы прогноза геологических и инженерно-геологических процессов.

## **2. Закономерности формирования, механизм и методика инженерно-геологического изучения и прогнозирования современных геологических и инженерно-геологических процессов**

### 2.1. Современные тектонические движения и инженерно-геологические основы сейсмического микрорайонирования.

Инженерно-геологический анализ современных тектонических разрывных и складчатых движений, их влияние на состояние массивов пород, развитие геологических процессов и устойчивость сооружений. Методы изучения и признаки для оценки характера и интенсивности современных движений.

Вулканические извержения, их механизм. Продукты извержения вулканов и их влияние на окружающую среду. Динамика лавового потока и способы защиты от них. Связь вулканических извержений с селями, оползнями и др. процессами. Прогноз вулканических извержений.

Сейсмичность как одна из форм проявления современных тектонических движений. Землетрясения, их энергия, магнитуда и приуроченность к геологическим структурам. Интенсивность проявления землетрясений на поверхности земли. Сейсмическое районирование территории России. Сопоставление сейсмических шкал. Прогноз землетрясений. Наведенная сейсмичность.

Инженерно-геологические факторы сейсмического микрорайонирования. Определение приращения балльности в зависимости от инженерно-геологических условий. Примеры сейсмического микрорайонирования территорий крупных городов. Задачи инженерно-геологических исследований в районах с высокой сейсмичностью.

### 2.2. Инженерно-геологическое изучение процессов и кор выветривания.

Схемы расчленения кор выветривания на зоны и горизонты по инженерно-геологическим признакам. Древние и современные коры выветривания в разных комплексах пород и климатических районах. Оценка степени выветрелости пород и скорости процессов выветривания; их значение для характеристики изменения

прочностных, деформационных, фильтрационных и других свойств пород во времени, для развития геологических процессов, определения надежности оснований сооружений и глубины съема, оценки устойчивости склонов, откосов выемок и бортов карьеров и т.п. Полевое и экспериментальное изучение процессов выветривания и меры борьбы.

### 2.3. Инженерно-геологическая оценка процессов абразии и переработки берегов водохранилищ.

Формирование берегов морей, озер и водохранилищ как геологический процесс и его выражение в абразионных и аккумулятивных формах. Инженерно-геологическое значение абразионных процессов. Геологические факторы формирования и развития берегов морей, озер и водохранилищ. Волновой и уровенный режим водохранилищ, озер, морей и их значение для формирования берегов. Наносы и их вдоль береговое перемещение. Классификация пород по характеру и сопротивляемости размыву. Скорость процессов абразии берегов морей. Типы побережий как отражение истории бассейна и их геологического строения. Влияние береговых сооружений и строительных работ на формирование берегов.

Переработка берегов водохранилищ, ее отличие от абразионного процесса. Инженерно-геологические процессы, обусловленные созданием водохранилищ. Методы расчета переработки берегов водохранилищ. Комплексное изучение процессов абразии и переработки и меры борьбы с ними.

### 2.4. Инженерно-геологическое изучение процессов эрозии и селевых потоков.

Эрозия и аккумуляция как взаимозависимые процессы. Склоновая, овражная и речная эрозия и факторы ее развития. Классификация пород по сопротивляемости эрозионному размыву. Изучение и оценка эрозионных процессов на склонах и по берегам рек. Строительная и хозяйственная деятельность как фактор активизации эрозии. Противоэрозионные мероприятия и инженерно-геологические данные, необходимые для их обоснования.

Селевые потоки. Селевые районы России. Типы селей и механизм их движения. Гидрологические, геологические и техногенные факторы их возникновения и развития. Инженерно-геологическое изучение селей и прогноз их. Примеры крупных селей и борьба с ними; предотвращение опасных последствий.

### 2.5. Гравитационные склоновые процессы, формирование и устойчивость склонов.

Общая инженерно-геологическая классификация гравитационных явлений на склонах: обвалы, осыпи, оползни, осовы, солифлюкция, курумы и другие. Инженерно-геологическое значение склоновых процессов. Основные геологические и иные факторы развития гравитационных склоновых процессов и их взаимообусловленность.

Обвалы и осыпи, условия их возникновения. Роль рельефа, тектонических нарушений, трещиноватости и выветрелости пород, сейсмичности. Типы и динамика обвалов. Методы расчета дальности и скорости обвальных процессов. Условия и скорости перемещения осыпей. Меры борьбы с обвалами и осыпями.

Оползни-обвалы, осовы, щебнисто-глыбовые лавины и другие переходные виды; их особенности и распространение.

Оползни. Условия и факторы возникновения оползней. Строение, признаки оползней. Динамика оползневого процесса. Классификация оползней; региональные и генетические их типы. Роль геологического строения, современных процессов и подземных и техногенных вод в развитии оползней. Районы распространения оползней. Основные направления борьбы с оползнями.

Солифлюкционные и десерпционные явления на склонах. Механизм и виды смещений. Значение для строительства.

Методика изучения склонов разного генезиса, истории развития и сложности геологического строения. Роль геологической истории формирования склонов для оценки их современной устойчивости и прогноза ее изменения.

Прогноз оползней и обвалов. Методы оценки устойчивости склонов и их характеристика. Способы моделирования и расчеты устойчивости оползней. Учет влияния подземных вод и сейсмичности.

Меры борьбы с обвалами, оползнями, осовами и курумами разных типов. Мероприятия по обеспечению общей устойчивости склонов и последовательность их осуществления.

Снежные лавины. Условия их возникновения, механизм, инженерно- геологическое значение. Меры борьбы с лавинами.

## 2.6. Карст.

Определение и значение карстовых процессов при инженерно-геологической оценке массива пород и территорий. Карст в карбонатных, сульфатных и соляных породах и его инженерно-геологическое значение. Основные условия развития карста. Геофильтрационные, гидрогеохимические и другие факторы развития процессов выщелачивания и карста. Возраст карста и связь с геологической историей района. Гидродинамические зоны и развитие карста в платформенных и горно-складчатых областях.

Оценка степени закарстованности и устойчивости территории в карстовых районах. Оценка скорости и прогноз карстовых процессов, их значение для разных сооружений.

Влияние гидротехнических, городских и дорожных сооружений на карстовые процессы.  
Расчеты карстовых процессов.

Инженерно-геологическая характеристика карстовых районов России. Основы методики инженерно-геологического изучения карста. Меры борьбы с карстовыми процессами.

#### 2.7. Суффозия и внутрипластовые размывы.

Основные причины и факторы суффозионных процессов. Явления, вызванные суффозией на природных склонах, в бортах карьеров и откосах котлованов. Суффозионные формы рельефа. Размывы по трещинам внутри толщи пород. Условия образования и инженерно-геологическая оценка этих явлений. Методы изучения и меры предотвращения опасных последствий.

#### 2.8. Просадочные явления в лессах.

Просадки как геологический процесс, их сущность и факторы. Активизация просадочности при обводнении пород, возведении сооружений и строительных работах. Гидродинамические схемы инфильтрации вод из каналов и котлованов. Расчленение толщи просадочных пород на инженерно-геологические горизонты. Оценка просадочности лессовой толщи по данным о литологическом строении, влажности, плотности и просадочных свойствах лессовых пород, роль погребенных почв. Учет природных и дополнительных от сооружения напряжений, режима грунтовых вод и гидродинамических зон фильтрации. Основные направления борьбы с просадками лессовой толщи.

#### 2.9. Криогенные процессы и явления (см. раздел II. Мерзлотоведение, п. 8).

#### 2.10. Заболачивание.

Определение понятий: болото, заболоченные территории. Условия их возникновения, влияние состава грунтов и режима грунтовых вод. Особенности изысканий в районах распространения болот.

#### 2.11. Эоловые процессы.

Развевание песчаных и пылеватых грунтов. Механизм переноса песков и эоловые формы рельефа. Меры защиты дорог, поселков и других объектов от эоловых процессов. Активизация их под влиянием техногенных факторов.

#### 2.12. Геологические и инженерно-геологические процессы в подземных полостях и горных выработках.

Основные факторы их образования. Горное давление, горные удары и стрельание, отслаивание и вывалы, выпор и пучение, обрушение кровли, сдвигание и образование

мульды проседания. Инженерно-геологическое изучение и способы предотвращения последствий.

### **Литература**

1. Бондарик Г.К. Общая теория инженерной (физической) геологии. М.: Недра, 1981. 256 с.
2. Бондарик Г.К., Пендин В.В., Ярг Л.А. Инженерная геодинамика. М.: КДУ, 2007. 440 с.
3. Золотарев Г.С. Инженерная геодинамика. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 328 с.
4. Иванов И.П., Тржцинский Ю.Б. Инженерная геодинамика. СПб.: Наука, 2001. 416 с.
5. Инженерная геология России. Т. 2. Инженерная геодинамика России / Под ред. В.Т.Трофимова, Э.В.Калинина. М.: КДУ, 2013. 672 с.
6. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная геодинамика. Л.: «Недра». 1977. 479 с.
7. Опасные экзогенные процессы/ Под ред. В.И. Осипова. М.: ГЕОС, 1999. 290 с.
8. Природные опасности России. Экзогенные геологические опасности. М.: Изд-во «КРУК», 2002. 348 с.
9. Учебное пособие по инженерной геологии/ Под ред. Г.С.Золотарева. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1990. 294 с.

## **Часть 3. Основы региональной инженерной геологии**

**1. Региональная инженерная геология как научное направление инженерной геологии:** содержание и задачи, основные этапы развития, связь с другими науками, объект, предмет и структура. Понятия «инженерно-геологические условия» и «компоненты инженерно-геологических условий». Факторы формирования инженерно-геологических условий и факторы их изменения. Основной закон региональной инженерной геологии. Две главные составляющие пространственного изменения инженерно-геологических условий. Зональность инженерно-геологических условий как глобальное явление. Классифицирование объектов региональной инженерной геологии: общие положения; построения И.В.Попова, Г.А.Голодковской, Г.К.Бондарика, С.Б.Ершовой, В.Т. Трофимова и Т.И. Аверкиной. Формационный анализ в региональной инженерной геологии и пути его развития. Грунтовые толщи как региональные тела: понятие, иерархия, признаки выделения. Природно-технические и литотехнические системы и их значение в региональной инженерной геологии. Инженерно-геологические структуры: понятие, классификация, логическое и фактическое многообразие, парагенетические ряды. Карта типов инженерно-геологических структур Земли.

**2. Научный метод региональной инженерной геологии.** Общая схема методов получения, обработки и отображения региональной инженерно-геологической информации. Инженерно-геологическое картирование. Типизация инженерно-геологических условий. Инженерно-геологическое районирование. Региональное инженерно-геологическое прогнозирование. Региональный инженерно-геологический мониторинг. Геоинформационные системы и региональные инженерно-геологические задачи, решаемые на их основе.

### **Литература**

#### *а) основная литература*

1. Трофимов В.Т., Аверкина Т.И. Теоретические основы региональной инженерной геологии. М.: ГЕОС, 2007, 460 стр.
2. Инженерная геология СССР. Т.1-8. 1-е издание. М.: Недра, 1976-78.

#### *б) дополнительная литература*

1. Инженерная геология СССР. Т.1-5. 2-е издание. М.: Недра, 1990-92.
2. Инженерная геология России. Т.1. Грунты России /Под ред. В.Т. Трофимова, Е.А. Вознесенского, В.А. Королева. М.: КДУ, 2011. 672 с.
3. Инженерная геология России. Т.2. Инженерная геодинамика России /Под ред. В.Т. Трофимова, Э.В.Калинина. М.: КДУ, 2013.
4. Инженерная геология России. Т.3. Инженерно-геологические структуры /Под ред. В.Т. Трофимова, Т.И. Аверкиной. М.: КДУ, 2014.

## **Раздел II. Мерзлотоведение**

### **1. Предмет, методология и история мерзлотоведения**

Понятие о криосфере. Классификация объектов криосферы. Криолитозона и ее строение.

Предмет и задачи мерзлотоведения. История развития мерзлотоведения.

### **2. Географическое распространение мерзлых горных пород**

Области распространения кратковременно-, сезонно- и многолетнемерзлых горных пород на Земном шаре. Южная и высотная границы многолетнемерзлых пород. Широтная зональность и высотная поясность в распространении сезонно- и многолетнемерзлых горных пород. Распространение, мощности, температуры, льдистости, глубины сезонного промерзания и протаивания мерзлых пород. Районирование и картирование области распространения многолетнемерзлых пород на территории России.

### **3. Термодинамические основы мерзлотоведения**

Источники энергии, определяющие тепловое состояние Земли, их относительное значение. Энергетический баланс Земли и его изменение. Региональные и локальные тепловые балансы.

Геотермическое и геотемпературное поле. Его связь с геологическими и гидрогеологическими условиями. Уравнение теплопроводности. Типы краевых условий. Температурные волны в литосфере. Законы Фурье. Температурный режим горных пород. Замерзание воды как термодинамический процесс. Замерзание природных растворов. Формулировка задачи о промерзании и протаивании пород. Процессы тепло- и массообмена при промерзании и протаивании влажных пород. Температурная сдвигка за счет неравенства теплофизических свойств мерзлых и талых пород. Частные и приближенные решения одномерной задачи Стефана. Расчет конфигурации мерзлых толщ по методу Редозубова.

Теплообороты в сезоннопромерзающих и протаивающих породах. Связь теплооборотов с радиационным балансом земной поверхности.

Применение моделирования для решения мерзлотоведческих задач.

### **4. Состав дисперсных пород**

Скелет дисперсных пород. Минеральный и химический составы пород. Влияние минерального состава и органического вещества на свойства дисперсных пород. Размер элементов, слагающих дисперсную породу, его взаимосвязь с минеральным составом пород. Гранулометрический и микроагрегатный составы дисперсных пород. Гранулометрические классификации грунтов.

Вода в дисперсных породах. Классификация видов воды. Изменение консистенции и свойств талых глинистых и лессовидных грунтов в зависимости от содержания в них различных видов воды. Естественная влажность пород и методы ее определения.

Обменные ионы в дисперсных породах и влияние их на микростроение и свойства пород.

Структурные связи в талых породах и влияние их на свойства пород. Формирование структурных связей в процессе генезиса пород и под влиянием постгенетических процессов.

Мерзлые дисперсные породы как многофазные системы. Твердая фаза воды - лед - в породах. Структура льда. Жидкая фаза в мерзлых дисперсных породах. Принцип фазового равновесия влаги. Структура незамерзшей воды. Газ и газовые гидраты в

промерзающих и мерзлых породах. Поверхностные силы и явления на границе раздела фаз и компонентов в мерзлой породе. Структурные связи в промерзающих, мерзлых и оттаивающих породах.

Суммарная влажность и льдистость мерзлых пород и методы их определения.

## **5. Физические, физико-химические и механические процессы в мерзлых, промерзающих и оттаивающих породах**

Тепло-массоперенос в дисперсных породах. Миграция влаги в замерзающих, оттаивающих и мерзлых породах. Основные закономерности сегрегационного льдовыделения. Влагоперенос и льдовыделение при различных термодинамических условиях промерзания.

Реологические процессы в мерзлых породах. Механизм ползучести, скорость ползучести, длительная прочность, релаксация напряжений.

Температурные деформации в мерзлых породах. Морозобойное трещинообразование.

Агрегирование, коагуляция, диспергация и пептизация в мерзлых породах. Тиксотропия. Усадка и структурообразование пород при промерзании. Морозное иссушение, сублимация льда в дисперсных породах.

## **6. Закономерности формирования и развития сезонно- и многолетнемерзлых горных пород**

Классификация типов сезонного промерзания и сезонного протаивания горных пород по В.А.Кудрявцеву. Причины возникновения неустойчивых типов сезонного промерзания и протаивания пород. Факторы, влияющие на глубину сезонного промерзания, сезонного протаивания горных пород и их среднегодовую температуру. Возможное (потенциальное) сезонное промерзание и протаивание пород. Динамика процесса сезонного и многолетнего промерзания и протаивания пород. Методы определения и расчета глубины сезонного промерзания и протаивания пород (метод Тумеля, формулы Стефана, Лукьянова, Кудрявцева).

Принципы классификации многолетнемерзлых пород. Эпи- и сингенетические типы многолетнемерзлых пород. Динамика температурного поля мерзлых толщ.

Закономерности формирования состава, залегания, мощности многолетнемерзлых горных пород. Теория развития многолетнемерзлых толщ горных пород. Динамика южной границы многолетнемерзлых толщ. Расчет глубины многолетнего промерзания по

формуле В.А.Кудрявцева. Влияние процессов гидратообразования на мощность и температурных режим многолетнемерзлых пород.

Основные этапы палеогеографии четвертичного периода в Северном полушарии и связь с ними мерзлотных условий. Астрономическая теория изменения климата Миланковича. История формирования многолетнемерзлых пород на территории России. Оценка минимального возраста многолетнемерзлых толщ по В.А.Кудрявцеву.

## **7. Особенности состава и строения мерзлых пород и подземных льдов и их свойства**

Криолитогенез как особый тип литогенеза. Эпигенетический и сингенетический типы промерзания пород. Закономерности криогенного строения эпикриогенных мерзлых толщ в зависимости от их состава и особенностей промерзания. Синкриогенные четвертичные отложения, изучение их с применением мерзлотно-фациального анализа. Особенности синкриогенных толщ в зависимости от температурного режима горных пород (северный и южный типы сингенеза). Классификация криогенных текстур мерзлых пород. Основные закономерности пространственной изменчивости криогенного строения мерзлых толщ в разных геоструктурных условиях. Особенности состава и криогенного строения сезоннопромерзающих и сезоннопротаивающих горных пород.

Генетическая классификация подземных льдов, условия их залегания. Особенности структуры подземных льдов.

Свойства мерзлых пород. Водно-физические свойства мерзлых пород, их пористость, объемный вес. Прочность и деформируемость мерзлых пород, льда. Теплофизические и влагопроводные свойства мерзлых и талых пород. Зависимость свойств мерзлых пород от их состава, криогенной текстуры и температуры. Классификация мерзлых грунтов.

## **8. Криогенные геологические процессы и явления**

Геодинамика в области многолетнемерзлых пород. Криоэлювиальный процесс. Механизмы выветривания (физического, химического, гидратационного, криогенного). Нивальные процессы.

Пучение грунтов. Выпучивание (вымораживание) твердых тел в дисперсных породах. Бугры пучения.

Морозное растрескивание. Пятна-медальоны и мелкополигональные структурные формы. Полигонально-жильные структуры.

Склоновые процессы (обвалы, осыпи, оползни, сели, снежные лавины) и их особенности в области многолетнемерзлых пород. Криогенные склоновые процессы (криогенная дисерпция, курумообразование, солифлюкция).

Термокарст, термоэрозия, термоабразия. Особенности размыва мерзлых пород.

Заболачивание в области многолетнемерзлых пород.

Региональные и зональные закономерности распространения и развития криогенных геологических процессов на территории России. Научное и практическое значение их изучения.

Посткриогенные геологические процессы. Следы существования многолетнемерзлых пород, их инженерно-геологическое и палеогеографическое значение. Современные тектонические движения в области многолетнемерзлых пород. Сейсмическое районирование криолитозоны России.

## **9. Талики в области многолетнемерзлых пород**

Классификация таликов. Геокриологическое, гидрогеологическое и инженерно-геологическое значение таликов.

## **10. Подземные воды криолитозоны**

Классификация подземных вод криолитозоны. Взаимодействие мерзлых толщ и подземных вод.

Гидрогеологическое районирование мерзлой зоны. Типы криогидрогеологических структур и их особенности.

Влияние криогенеза на формирование химического состава подземных вод. Отрицательно-температурные высокоминерализованные (криогалинные) подземные воды - криопэги. Их формирование, распространение, особенности динамики и химического состава. Геохимия подземных льдов.

Наледи как основная форма проявления подземных вод криолитозоны.

Особенности оценки естественных ресурсов и эксплуатационных запасов подземных вод мерзлой зоны. Подземные воды области многолетнемерзлых пород как источник водоснабжения. Поиски и разведка источников водоснабжения. Принципы охраны подземных вод от загрязнения, истощения.

## **11. Основы инженерного мерзлотоведения**

Задачи инженерного мерзлотоведения. Его связь с общим мерзлотоведением. Тепловое и механическое взаимодействие инженерных сооружений с грунтами. Причины деформаций зданий и сооружений.

Строительные классификации и номенклатура промерзающих, мерзлых и оттаивающих грунтов. Строительные характеристики грунтов. Подразделение мерзлых грунтов по их состоянию (твердомерзлые, сыпучемерзлые, пластичномерзлые).

Расчет оснований и сооружений по несущей способности, прочности и устойчивости. Расчет оснований по деформациям. Расчет осадки пластичномерзлых, оттаивающих и оттаявших грунтов. Расчет фундаментов на действие сил пучения. Особенности проектирования на засоленных и сильнольдистых многолетнемерзлых грунтах.

Различные виды строительства на вечномерзлых грунтах: гидротехнические сооружения, инженерные коммуникации, трубопроводы, дороги и аэродромы.

Разработка мерзлых грунтов. Использование мерзлых грунтов и льда в качестве материала и вмещающей среды для сооружений (подземные сооружения, ограждающие конструкции, укрытия, склады).

Принципы управления мерзлотными процессами при инженерном освоении территории. Методы водно-тепловой мелиорации мерзлых грунтов.

Математическое моделирование теплового взаимодействия инженерных сооружений с многолетнемерзлыми породами.

Основы теории надежности геотехнических систем в криолитозоне.

## **12. Мерзлотная съемка и картирование**

Цель и задачи мерзлотной съемки. Типы, масштабы, содержание и назначение мерзлотных съемок и карт. Задачи мерзлотных съемок на различных этапах их производства.

Ландшафтное районирование – основа мерзлотной съемки. Ландшафтно-ключевой метод. Ключевые участки и их назначение.

Особенности применения геологических и географических методов исследования при мерзлотной съемке. Методика и методы изучения геокриологических характеристик: распространения, характера залегания и мощности многолетнемерзлых пород; температурного режима, сезонного оттаивания и промерзания пород; состава, криогенного строения, льдистости и свойств мерзлых и оттаивающих пород; мерзлотно-геологических процессов и явлений.

Классификация мерзлотных карт по масштабу, назначению, содержанию. Методы отображения основных геокриологических характеристик на картах различного типа и масштаба. Использование геоинформационных систем при мерзлотно-геологическом картографировании.

### **13. Геокриологический прогноз, мониторинг и экологические проблемы**

Прогноз изменения мерзлотных условий (температурного режима, мощности ММП, таликов и др.). Прогнозирование мерзлотно-геологических процессов. Методы геокриологического прогноза.

Геокриологический мониторинг. Виды и методы геокриологического мониторинга.

Экологические последствия различных видов хозяйственной деятельности в криолитозоне.

Прогноз как основа разработки принципов и приемов управления мерзлотными процессами для рационального природопользования в криолитозоне.

### **14. Геофизические методы исследования мерзлых пород**

Физические основы применения методов геофизики при мерзлотных исследованиях. Задачи мерзлотно-гидрогеологической и мерзлотно-инженерно-геологической съемки, решаемые с помощью геофизических методов.

Электромагнитные свойства мерзлых и талых пород (удельная электропроводность, диэлектрическая проницаемость, электрохимическая активность, остаточная намагниченность). Частичная дисперсия электрических свойств мерзлых и талых пород. Упругие свойства и плотность мерзлых и талых пород. Естественная радиоактивность и нейтронные свойства мерзлых и талых пород.

Методика полевых электроразведочных исследований на постоянном и переменном токе. Сейсмоакустические исследования мерзлых пород. Применение методов скважинной геофизики для исследования многолетнемерзлых пород, перспективы их применения. Комплексование геофизических методов при изучении мерзлотных условий.

## **Литература к разделу 4**

1. Ершов Э.Д. Общая геокриология: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2002. 682 с.

2. Зыков Ю.Д. Геофизические методы исследования криолитозоны: Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2007. 272 с.
3. Методика мерзлотной съемки. Под ред. В.А.Кудрявцева. Изд-во Моск. ун-та, 1979. 358 с.
4. Методы геокриологических исследований: Учеб. пособие / Под ред. Э.Д.Ершова. М.: Изд-во МГУ. 2004. 512 с.
5. Основы геокриологии. Ч.1. Физико-химические основы геокриологии / Под ред. Э.Д.Ершова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 368 с.
6. Основы геокриологии. Ч.2. Литогенетическая геокриология / Под ред. Э.Д.Ершова. М.: Изд-во МГУ, 1996. 399 с.
7. Основы геокриологии. Ч.3. Региональная и историческая геокриология мира / Под ред. Э.Д.Ершова. М.: Изд-во МГУ, 1998. 575 с.
8. Основы геокриологии. Ч.4. Динамическая геокриология / Под ред. Э.Д.Ершова. М.: Изд-во МГУ, 2001. 688 с.
9. Основы геокриологии. Ч.5. Инженерная геокриология / Под ред. Э.Д.Ершова. М.: Изд-во МГУ, 1999. 688 с.
10. Основы геокриологии. Ч.6. Геокриологический прогноз и экологические проблемы в криолитозоне / Под ред. Э.Д.Ершова. М.: Изд-во МГУ, 2008. 768 с.
11. Основы мерзлотного прогноза при инженерно-геологических исследованиях / Под ред. В.А. Кудрявцева. М.: Изд-во МГУ, 1974. 432 с.
12. Романовский Н.Н. Подземные воды криолитозоны. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1982.
13. Трофимов В.Т., Красилова Н.С. Инженерно-геологические карты: Учебное пособие - М.: КДУ, 2007. 384 с.