

Программа дисциплины «Инженерное мерзлотоведение»

Автор: доц. В.И. Гребенец

Цель освоения дисциплины: дать общие и специальные знания о мерзлых породах как среды жизнедеятельности человека, при этом многолетнемерзлые грунты и породы рассматриваются как основания зданий и сооружений и как объекты для возможного управления мерзлотной обстановкой в народнохозяйственных и геоэкологических целях.

Задачи:

- дать представление студентам об основных направлениях инженерного мерзлотоведения; нормативных (национальных и международных) правилах и стандартах, регулирующих строительство на вечной мерзлоте; инженерно-геокриологических классификациях грунтов; о региональных различиях в освоении зоны вечной мерзлоты; о принципах строительства на вечномерзлых грунтах;

- дать представление студентам о физических и механических свойствах грунтов, влияющих на устройство и эксплуатацию фундаментов на вечной мерзлоте; о пучении при промерзании и об осадке при протаивании оснований; о тепловых полях, формирующихся в мерзлых грунтах при строительном освоении криолитозоны;

- дать представление студентам об основных типах, конструкций и технологий устройства фундаментов в вечномерзлых грунтах различного типа;

- научить студентов методам расчета несущей способности в замороженных фундаментах, а также влияния на них пучения (при промерзании) и осадки (при оттаивании);

- дать представление студентам о строительстве и эксплуатации линейных систем в криолитозоне, в т.ч. трубопроводов различного назначения и разных типов прокладки;

- дать представление студентам о гидротехническом строительстве в криолитозоне, о взаимодействии подобных объектов с вечномерзлыми основаниями;

- дать представление студентам об опасных инженерно-криогенных процессах, развивающихся на застроенной территории, методов борьбы с ними;

- научить студентов методам управления мерзлотной обстановкой для строительных целей и способам укрепления грунтовых оснований и усиления фундаментов;

- научить студентов основным методам инженерно-геокриологических расчетов;

- научить студентов строить инженерно-геокриологических профили, обрабатывать данные статических испытаний свай на несущую способность.

Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Инженерное мерзлотоведение» является вариативной в общей профессиональной подготовке специалистов в области географии и входит в модуль "Физика и механика мерзлых грунтов и льдов, инженерное мерзлотоведение и гляциология". Дисциплина преподается в 7-ом семестре 4 курса.

Дисциплина «Инженерное мерзлотоведение» базируется на теоретических лекционных курсах, прослушанных студентами в течение 1-6 семестров, на навыках, компетенциях, опыте и знаниях, полученных на учебной профильной практике по криолитологии. Изучение дисциплины нацелено на познание инженерно-строительных характеристик вечномерзлых грунтов и их учета в расчетах, проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений.

В результате освоения дисциплины студент должен

Знать:

- важнейшие свойства вечномерзлых грунтов, определяющих надежность и эффективность хозяйственного освоения криолитозоны;

- основные принципы строительства на вечномерзлых грунтах, конструкции фундаментов и технологии их устройства в зависимости от геокриологических условий региона;

- методы строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений и линейных техногенных систем, в том числе трубопроводов на вечной мерзлоте;

- основные методы управления мерзлотной обстановкой на застроенных территориях и способы борьбы с опасными криогенными процессами;

- методы мониторинга инженерно-геокриологической ситуации и геотехнической безопасности.

Уметь:

- обрабатывать результаты инженерно-геокриологических изысканий для выдачи проектировщикам предпроектной документации;

- решать задачи по определению температурного поля, формирующегося в основаниях зданий и сооружений, в т.ч. нестационарных полей, а также ореолов оттаивания, возникающих вокруг подземных трубопроводов;

- производить (с помощью расчетных методов) оценку влияния морозного пучения на фундаменты, в том числе на опоры трубопроводов различного назначения;

- осуществлять расчеты несущей способности фундаментов на вечномерзлых грунтах, в т.ч. сильнольдистых, заторфованных и засоленных;

- осуществлять выбор оптимальных типов фундаментов в зависимости от региональных свойств вечномерзлых оснований и видов прилагаемой техногенной нагрузки, а также основных приемов по управлению мерзлотной обстановкой для обеспечения стабильности мерзлотно-экологической ситуации и геотехнической обстановки.

Владеть:

- основными расчетными методами, применяемыми в инженерном мерзлотоведении (расчеты осадок, пучения, оттаивания, движения склонов, фундаментов, холодных проветриваемых подполий, радиусов намораживания при применении сезонно-охлаждающих устройств и ряда других, приведенных в содержательной части настоящей программы);

- способами обработки результатов изысканий для извлечения информации, необходимой для расчетов и выдачи предпроектных рекомендаций; методами анализа метеорологических, гидрогеологических, грунтоведческих, теплофизических и гляциологических данных, необходимых для прогноза изменения температурного режима вечномерзлых оснований;

- методами мониторинга вечномерзлых оснований и фундаментов (в том числе опор магистральных нефте- и газопроводов).

Содержание

Раздел 1. Вечномерзлые грунты как основания зданий и сооружений

Тема 1. Инженерное мерзлотоведение в системе естественных и технических наук. Цели, задачи и структура инженерного мерзлотоведения; история становления и развития. Задачи общего и теоретического, регионального и специализированного инженерного мерзлотоведения. Основные геотехнические понятия. Структура государственных инженерно-строительных норм и правил (СНиП, СН, РСН, ВСН, Своды правил, основные зарубежные стандарты при строительстве на вечной мерзлоте). Особенности (природные, исторические, социальные) строительного освоения различных регионов криолитозоны.

Тема 2. Основные параметры состава и строения мерзлых пород, используемые в инженерно-мерзлотных исследованиях. Классификация

вечномерзлых грунтов, их основные криогенные характеристики. Сыпуче-, пластично- и твердомерзлые породы. Засоленные мерзлые грунты как основания сооружений. Физические характеристики; теплофизические свойства; инженерно-мерзлотное строение оснований. Расчет влажностных показателей, характеристик льдистости для инженерно-геокриологических оценок.

Тема 3. Температурный режим вечномерзлых толщ при хозяйственном освоении. Факторы, определяющие терморегим оснований зданий и сооружений. Расчетные характеристики терморегима: максимальная в годовом цикле на глубине заложения, на фиксированной глубине и эквивалентная температура по глубине заложения фундаментов, ее расчет. Методика и принципы компьютерных расчетов двухмерных задач нестационарной теплопроводности с учетом фазовых переходов (формирование тепловых полей на застроенных территориях криолитозоны) по программе «Тепло».

Тема 4. Основы механического взаимодействия зданий, сооружений и объектов инфраструктуры с вечномерзлыми основаниями. Формирование напряженно-деформированного состояния в основании сооружений. Механические свойства мерзлых пород, прочность, характер связей и виды сил сцепления. Реологические свойства мерзлых грунтов; ползучесть и релаксация. Кратковременная и длительная прочность, зависимость от температурного фактора. Деформационные характеристики. Сопротивление сдвигу. Сжимаемость. Эквивалентное сцепление. Прочность смерзания с фундаментами. Расчеты безопасности и предельно критических напряжений на грунты. Начальная и предельная критические нагрузки.

Тема 5. Морозное пучение пород. Прямые и касательные силы пучения, методика их расчетов и прогнозирования. Особенности проявления пучения в региональном аспекте. Факторы, увеличивающие интенсивность пучения. Основные методы борьбы с пучением.

Тема 6. Осадка мерзлых пород при оттаивании. Стабилизированная во времени осадка. Осадка основания оттаивающего грунта. Расчет полной осадки и кренов фундаментов. Метод ускоренной оценки величины осадок.

Раздел 2. Фундаменты на вечной мерзлоте

Тема 7. Особенности инженерно-геокриологических изысканий. Задачи и объем, состав, стадии; основные методы. Методика проведения полевых и лабораторных инженерно-мерзлотных исследований. Минимум-минимум при рекогносцировочных инженерно-геокриологических исследованиях; полный объем инженерно-мерзлотных характеристик; составление отчетов. Основные методы обработки результатов и приемы по выдаче предпроектных рекомендаций.

Тема 8. Принципы использования вечномерзлых грунтов в качестве оснований. Принцип I. Принцип II. Глубина заложения фундаментов. Понятие о надежности зданий и сооружений с технико-экономических позиций и с учетом особенностей геокриологических условий. Основные методы инженерной подготовки территории к застройке в криолитозоне.

Тема 9. Основные типы фундаментов и технологии их устройства. Классы сооружений. Основные виды фундаментов. Конструкции и технологии устройства свайных фундаментов: классификации, особенности проектирования и устройства, ростверк, цокольные экраны. Технологии устройства скважин в вечномерзлых грунтах и установки в них свай. Вращательное и ударно-канатное бурение. Температурный режим, формирующийся при бурении скважин, установке в них свай и их вмержании.

Тема 10. Основные способы сохранения мерзлого состояния при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений в криолитозоне. Холодные проветриваемые

подполья (конструкции, технологии устройства, особенности эксплуатации); расчет среднегодовой температуры и модуля вентилирования проветриваемого подполья.

Тема 11. Расчет оснований и фундаментов по принципу I. Несущая способность одиночной сваи в однородных вечномерзлых грунтах и в многослойной среде. Методы выбора типов фундаментов при разработке предпроектной документации и рекомендаций по строительному освоению территории. Полевые испытания висячих вмерзших свай и свай-стоек, методы их проведения, обработка результатов, особенности расчета.

Тема 12. Использование оснований по принципу II. Методы, способы подготовки грунтов, технологии их оттаивания, расчеты фундаментов.

Тема 13. Особенности расчета, проектирования, устройства и эксплуатации оснований и фундаментов в засоленных, заторфованных и сильнольдистых грунтах. Техногенное обводнение и засоление оснований в промышленных центрах криолитозоны; методы борьбы, характер влияния на несущую способность фундаментов.

Раздел 3. Специфические объекты в криолитозоне.

Тема 14. Гидротехнические сооружения на вечномерзлых грунтах. Земляные дамбы и плотины в криолитозоне. Гидроузлы. Береговые сооружения, оценка влияния термоабразии и термоэрозии на их устойчивость.

Тема 15. Воздействие склоновых процессов на устойчивость объектов. Активизация склоновых процессов в криолитозоне при хозяйственном освоении. Методы расчетов устойчивости склонов и откосов, в т.ч. методом наклонных сил. Способы борьбы с опасными склоновыми процессами и защите сооружений.

Тема 16. Особенности устройства и эксплуатации линейных сооружений в криолитозоне. Наземные, надземные и подземные трубопроводы, особенности их эксплуатации и взаимодействия с вечномерзлыми основаниями. Формирование линейно ориентированных природно-техногенных комплексов в зоне прокладки нефте- и газопроводов на севере России. Методика расчет ореола оттаивания вечномерзлых грунтов при прокладке подземных тепловыделяющих трубопроводов. Подземные коллекторы для инженерно-технических коммуникаций, их типы, достоинства и недостатки, расчет ореола оттаивания, причины деформаций, методы повышения надежности.

Раздел 4. Мониторинг и управление инженерно-мерзлотными условиями

Тема 17. Деформации зданий и сооружений в криолитозоне. «Субъективные» (прежде всего, социально-экономико-географические) и «объективные» причины. Региональная оценка геотехнической безопасности городов и поселений криолитозоны. Основные факторы, вызывающие деградацию многолетнемерзлых пород на застраиваемых территориях. Морозная деструкция материала фундаментов и способы их защиты.

Тема 18. Управление мерзлотной обстановкой. Основные методы укрепления грунтов и усиления фундаментов. Способы искусственного промораживания талых и охлаждения пластичномерзлых грунтов; сезонно-охлаждающие автономно действующие устройства, характер формирования терморегима мерзлых пород, опыт применения. Особенности расчета, проектирования, устройства и эксплуатации парожидкостных термоустановок.

Тема 19. Мониторинг вечномерзлых оснований. Цели, задачи, объемы и объекты мониторинга. Контроль за температурным режимом мерзлых грунтов оснований, методы наблюдений за опасными криогенными и гляциальными процессами на застроенных территориях. Основы анализа и прогноза устойчивости геотехнической обстановки в криолитозоне.

Рекомендуемая литература

Основная:

- Гребенец В.И., Рогов В.В. Инженерное мерзлотоведение: Учебное пособие. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2000. - 96 с.
- Природные опасности. Геокриологические опасности. Тематический том / Под ред. Л.С. Гарагуля, Э.Д. Ершова. - М.: издат. фирма “Крук”, 2000. - 316 с.
- Хрусталеv Л.Н. Основы геотехники в криолитозоне. – М.: издательство Московского университета, 2005. -542 с.
- Хрусталеv Л.Н., Пармузин С.Ю., Емельянова Л.В. Надежность северной инфраструктуры в условиях меняющегося климата. – М.: Университетская книга, 2011. – 260 с.

Дополнительная:

- Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. – М.: Высшая школа, 1978. – 320 с.
- Инженерная геокриология. Справочное пособие/Под ред. Ершова Э.Д. – М.: Недра, 1991. – 439 с.
- Лабораторные методы исследования мерзлых пород/Под ред.Ершова Э.Д. – М.: изд-во МГУ, 1986. – 210 с.
- Павлов А.В., Малкова Г.В.// Современные изменения климата на Севере России. – М.: Академическое издательство «Гео» 2005. – 52 .
- Рекомендации по устройству свайных фундаментов в вечномерзлых грунтах. – М.: изд-во НИИОСП, 1985. – 77 с.
- СНиП 2.02.04-88. Строительные нормы и правила. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990. – 56 с.
- Справочник по строительству на вечномерзлых грунтах/Под ред. Велли Я.Ю., Докучаева В.В. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1978. – 480 с.
- Цытович Н.А. Механика мерзлых пород. – М.:Высшая школа, 1973. – 448 с.

Интернет-ресурсы:

Сайт кафедры криолитологии и гляциологии:
<http://www.geogr.msu.ru/cafedra/crio/uchd/plan/>