

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Географический факультет

**ПРОГРАММА ГОСУДАРСТВЕННОГО ЭКЗАМЕНА по направлению
подготовки «География»**

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Профиль подготовки: «Криолитология и гляциология»

Форма обучения: очная

Выпускающая кафедра: криолитологии и гляциологии

Москва – 2022

Программа составлена в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.04.02 «География» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2020 г.

Программу составили: доцент к.г.-м.н. И.Д. Стрелецкая; проф., д.г.н. В.В. Рогов; проф., д.г.н. Н.Л. Фролова; доц., к.г.-м.н. В.И. Гребенец; доц, к.г.н. С.А. Сократов; доц., к.г.н. П.А. Торопов; в.н.с., к.г.н. А.И. Кизяков; с.н.с., к.г.н. Л.И. Зотова; с.н.с., к.г.н. М.Н. Иванов; в.н.с., к.г.н. А.Ф. Глазовский; с.н.с., к.г.н. Н.В. Коваленко; с.н.с., к.г.н. А.А. Маслаков; н.с., к.г.н. Н.Г. Белова; гл. специалист., к.г.н. С.Н. Титков; с.н.с., к.г.н. Л.И. Зотова; вед. инж. Г.А. Ржаницын; с.н.с, к.г.н. В.Е. Гагарин.

Программа одобрена на заседании кафедры криолитологии и гляциологии Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, 18 октября 2022 г., протокол №4

I. Общие положения

Государственная итоговая аттестация (далее – ГИА), завершающая освоение основной профессиональной образовательной программы высшего образования (уровень магистратуры), является итоговой аттестацией обучающихся по программе магистратуры.

Государственная итоговая аттестация выпускников включает государственный экзамен и защиту магистерской диссертации.

Целью государственной итоговой аттестации является определение соответствия уровня и качества подготовки выпускника требованиям Образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого МГУ имени М.В. Ломоносова для реализуемых образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «География». При этом проверяются сформированные компетенции – теоретические знания и практические навыки выпускника, необходимые для выполнения профессиональных задач и в целом профессиональной деятельности.

II. Процедура проведения государственного экзамена

Государственный экзамен проходит на заседании государственной экзаменационной комиссии, утвержденной соответствующим Приказом.

Программа ГИА, порядок проведения ГИА размещаются на сайте факультета учебным отделом не позднее, чем за 6 мес. до начала ГИА.

Перед государственным экзаменом проводятся обязательные консультации по вопросам, включенным в данную программу.

Допуск к ГИА оформляется приказом декана факультета.

Экзамен проводится в устной форме по вопросам и заданиям, перечень которых прилагается в настоящей Программе.

Экзаменационный билет содержит три вопроса.

Билет на экзамене выбирается случайным образом.

Время для подготовки к ответу – не менее 1 академического часа (время зависит от объема экзаменационного задания и может быть установлено экзаменационной комиссией самостоятельно).

Во время проведения государственного экзамена выпускники могут пользоваться программой государственного экзамена по соответствующему профилю, но не допускается использование научной, учебной и справочной литературы, а также любых технических средств (если их необходимость не предусмотрена программой сдачи экзамена по соответствующему профилю).

Проведение экзамена предполагает выступление студента перед экзаменационной комиссией в течение 10-15 минут по вопросам и заданиям, сформулированным в билете.

Экзаменаторам предоставляется право задавать студентам дополнительные вопросы в соответствии с утвержденной программой (в целом время ответа выпускника должно составлять не более 0,5 академического часа).

III. Содержание государственного экзамена

Разделы

Основные темы

Современные проблемы исследования криосферы

Криосфера, климат и океан. Понятие криосферы. Нивально-гляциальные системы. Типы оледенения Земли. Общие свойства снега и льда. Запасы льда в ледниках и их вклад в изменение уровня моря. Взаимодействие оледенения, атмосферы и океана в условиях изменяющегося климата. Современные проекты исследований. Количественная оценка воздействия климатических колебаний и изменений на компоненты криосферы, влияния

криосферы на климат, стабильность криосферы Земли. Физические процессы и механизмы обратных связей криосферы и климата. Учет криосферных процессов для моделирования и прогноза климатических колебаний и изменений.

Современные изменения ледников. Климатические условия существования ледников и ледниковых покровов. Поля характеристик ледниковых систем. Климатическая чувствительность и время отклика ледников. География, факторы и тренды изменений ледников. Изменения размеров, геометрии, гидротермической структуры, поля скоростей, свойств поверхности, прихода и расхода массы.

Оценка составляющих баланса массы ледников и ледниковых покровов. Баланс массы криосферы и современные методы его оценки. Составляющие баланса массы ледников. Изменения баланса ледников во времени, периодичность этих изменений. Региональные и локальные особенности баланса массы ледников. Косвенные показатели баланса массы. Гравиметрия и альтиметрия ледниковых покровов. Баланс массы криосферы и уровень Мирового океана.

Изменения морских, речных и озерных льдов, их будущее их состояние, роль в тепломассообмене. Условия образования морских, озерных и речных льдов. Их классификации. Современное состояние, изменчивость и дрейф льдов в Северном Ледовитом и Южном океанах Ледовитость, толщина и возраст морских льдов. Циркуляция вод, синоптический режим, климатические индексы и изменения льдов. Тепло - массо- и газообмен ледяного покрова. Современные способы слежения и моделирования морских льдов.

Пульсирующие ледники: распространение и причины. Возможные механизмы подвижек ледников. Подвижки покровных и горных ледников. Периодичность подвижек ледников. Основные черты и распространение ледниковых пульсаций. Современные методы наземных и дистанционных наблюдений подвижек. Возможности прогноза и снижения их негативного воздействия.

Вода в ледниках и подледниковые озера: происхождение, распространение и динамика. Внешние и внутренние источники тепла и воды в ледниках. Движение воды в ледниках. Типы дренажных систем. Озера пресной воды под ледниковыми щитами Антарктиды, их происхождение, динамика, и распространение. Современные методы обнаружения и мониторинга воды в ледниках.

Снежный покров, современное состояние, изменчивость, прогноз. Особенности снежного покрова и разных типов льдов в областях с различными климатами. Глобальные, региональные и локальные особенности пространственного распределения снежного покрова. Факторы колебания снежности в горах и на равнинах. Влияние снежного покрова, на климат, речной сток, рельеф и растительность. Современные методы и тенденции в исследованиях снежного покрова.

Шельфовые ледники — их устойчивость и разрушение. Распространение и особенности шельфовых ледников. Тепломассообмен шельфовых ледников. Факторы, влияющие на их возникновение, существование, устойчивость. Строение водных масс вблизи и под шельфовыми ледниками. Взаимодействие шельфовых ледников с выводными ледниками и ледяными потоками. Современные проекты исследования шельфовых ледников.

Гляциологические границы: их установление, значение для исследования динамики процессов. Типы гляциологических границ на горных ледниках, снежном и ледяном покровах, шельфовых ледниках. Методы их обнаружения. Их индикаторная значимость. Зоны льдообразования. Области промачивания снега и фирна. Зоны таяния Гренландсколедникового покрова.

Оценка состояния и динамики криосферы с помощью дистанционных методов. Физико-механические, оптические, акустические, электрические и другие свойства льда. Современные космические, воздушные и наземные системы мониторинга криосферы.

Принципы и области применения современных дистанционных и геофизических методических исследований криосферы.

Литература

Основная

1. Barry R., Thian Yew Gan. The Global Cryosphere: Past, Present and Future Cambridge University Press, 2011, 498 pp.
2. Benn D.I., Evans D.J.A. Glaciers and Glaciation. London: Hodder Education; 2010. 816 p.
3. Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers / Singh, Vijay P.; Singh, Pratap; Haritashya, Umesh K. (Eds.) Springer. 2011, 1253 pages.

Дополнительная

1. Гляциологический словарь. Под ред. В. М. Котлякова. Л. ГИМИЗ, 1984, 528 с.
2. Голубев Г.Н. Гидрология ледников. Л., Гидрометеиздат, 1976.
3. Зотиков И.А. Теплофизика ледниковых покровов. Л., Гидрометеиздат, 1982.
4. Кренке А.Н. Массообмен в ледниковых системах на территории СССР. Л., Гидрометеиздат, 1982.
5. Патерсон У.С.Б. Физика ледников. М., Мир, 1984.

Физика и география подземного оледенения

Физические основы природного льдообразования. Физические свойства воды. Кристаллическая структура льда. Термодинамика состояния и фазовых переходов воды. Скрытая теплота фазовых превращений воды. Испарение и сублимация льда. Теплофизические характеристики льда. Механические свойства и температура льда.

Структура поверхностных льдов. Формирование кристаллической структуры конгеляционных льдов. Зарождение и рост кристаллов льда. Петрогенез подземных льдов. Структурообразующая роль формы и объема кристаллизующейся воды. Структурообразующая роль твёрдой поверхности. Структурообразующая роль примесей в кристаллизующейся воде. Структурообразующая роль термических условий кристаллизации.

Метаморфизм природных льдов. Общие закономерности динамометаморфизма льда. Структурные изменения в ходе деформации льда. Влияние примесей на структурные изменения в ходе деформации льда.

Структура ледникового льда. Базальный ледниковый лёд. Структурные особенности глетчерных льдов. Структура льда покровных и горных ледников. Базальный ледниковый лёд: природные условия и механизмы формирования.

Структурно-генетический метод исследования природных льдов. Описание структуры льда. Обработка петрографических данных. Анализ и интерпретация структурных данных.

Генетические типы подземного льда. Залежеобразующие льды. Полигонально-жильный лёд. Эпикриогенные жильные льды. Генетические классификации подземных льдов. Жильные льды. Состояние проблемы генезиса жильных льдов. Элементарные жилки и изначальные формы роста ледяных жил. Элементарные жилки и метод реконструкции температурных условий льдообразования. Эпикриогенные жильные льды.

Синкриогенные жильные льды. Распространение синкриогенных жильных льдов в криолитозоне северного полушария. Происхождение отложений, вмещающих синкриогенные жильные льды. Понятия «ледовый комплекс», «едома». Структура синкриогенных полигонально-жильных льдов и криогенное строение вмещающих их отложений.

Пластовые льды. Погребённые ледниковые льды. Состояние проблемы генезиса пластовых льдов. Условия залегания и строение пластовых льдов. Льды основных морен (район пос. Усть-Порт). Погребённые льды конечных морен (район пос. Ермаково). Погребённые льды флювиогляциальных отложений (Гыданский п-ов). Погребённые льды

субаквальных отложений (п-ов Ямал). Типоморфные особенности строения пластовых льдов. Общие закономерности консервации поверхностных льдов в криолитозоне.

Инъекционные, сегрегационные пластовые льды. Инъекционные пластовые льды. Сегрегационные и сегрегационно-инъекционные пластовые льды. Структурные критерии определения изначально внутри грунтового происхождения пластовых льдов.

Пространственно-временная структура подземного оледенения. Систематика подземных ледяных горных пород. Подземные льды и криосфера. Подземные льды и криолитогенез. Подземные льды как горная порода. Палеогеография подземного оледенения. Зонально-климатическая структура подземного оледенения. Принципы формирования пространственно-временной структуры подземного оледенения. Ярусность подземного льдообразования в разрезе мёрзлой толщи. Зональность подземного оледенения. Зонально-региональная схема подземного оледенения.

Картирование подземных льдов. Региональные и циркумполярные оценки льдистости верхней части многолетнемёрзлой толщи. Оценка распространения подземных льдов как исходный материал для прогнозирования состояния многолетнемёрзлых пород в условиях климатических изменений.

Подземные льды и геоэкология криолитозоны. Геоэкология Арктики и подземный лёд. Факторы дестабилизации геосистем криолитозоны. Геоэкологический прогноз эволюции геосистем криолитозоны.

Литература

Основная

- 1) Соломатин В.И. Физика и география подземного оледенения. Новосибирск, Акад. изд-во «ГЕО», 2013. <http://www.geogr.msu.ru/structure/labs/geos/uchd/Solomatin/>
- 2) French, H.M. The periglacial environment. 4th edition. 2018. John Wiley & Sons. Chichester, UK, and Hoboken, New Jersey. 515 pp.

Дополнительная

- 1) van Everdingen, Robert, ed. 1998 revised May 2005. Multi-language glossary of perma-frost and related ground-ice terms. Boulder, CO: National Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciology. <http://www.geogr.msu.ru/structure/labs/geos/uchd/Solomatin/>
- 2) Романовский Н.Н. Основы криогенеза литосферы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993 334 с.

Катастрофические гляциальные процессы

История и опыт исследования катастрофических гляциальных процессов. Теория катастроф. Первые исследования катастрофических процессов. Гляциальные опасности. Безопасность при проведении исследований и изысканий.

формирования катастрофических гляциальных процессов. Рельеф, климат, свойства объектов криосферы как ведущие факторы формирования катастрофических гляциальных процессов. Влияние на биосферу, гидросферу, литосферу.

Катастрофические гляциальные процессы, связанные с выпадением осадков. Град, ледяной дождь, ледяной шторм, снежные заносы дорог и сооружений, экстремальные снегопады, вызвавшие обрушение объектов инфраструктуры, перекрытий зданий, снеголомы, вывалы леса.

Катастрофические гляциальные процессы, связанные с нарастанием льда и снега. Обледенение судов, самолетов, зданий, горных выработок и карьеров, гололед, гололедица, изморозь.

Катастрофические гляциальные процессы, связанные с современными ледниками. Опасные подвижки ледников и каменных глетчеров, пульсации ледников, ледовые обвалы, ледяные и ледово-каменные лавины, лахары.

Опасности, связанные с речными и морскими льдами. Ледоход, заторы, зажоры, наводнения, пропуск льда через гидротехнические сооружения. Торошение и нагон льда, торосы, разводья, разрушение льдин с научными станциями, айсберговая опасность.

Катастрофические лавины и сели. География случаев схода крупнейших лавин и селей, нанесших значительный материальный ущерб и приведший к большим человеческим жертвам.

Гляциальные суперпаводки. Крупнейшие прорывы современных моренно-подпрудных и приледниковых озер. Влияние прорыва гигантских приледниковых озер в плейстоцене на перестройку ландшафтов и климата.

Катастрофические гляциальные процессы, связанные с аномальным потеплением. Изменение ледников и ледниковых щитов при взаимодействии различных факторов. Быстрая дегляциация, откол гигантских айсбергов, распад шельфовых ледников и ледниковых покровов, подъем уровня моря.

Катастрофические гляциальные процессы, связанные с аномальным похолоданием. Гипотермия и обморожения. Промерзание объектов инфраструктуры. Зарождение эпох оледенения на Земле, возможные последствия для современной цивилизации. Цикличность в природе.

Способы и меры минимизации убытков от катастрофических гляциальных процессов. Урон, наносимый опасными процессами объектам инфраструктуры и меры его предотвращения.

Методы оценки гляциальной опасности. Анализ рядов данных, материалов дистанционного зондирования Земли и карт. Мониторинг и прогнозирование возникновения катастрофических гляциальных процессов в современных условиях.

Литература

Основная

1. Оценка опасных явлений, связанных с ледниками и мерзлотой, в горных районах. Технический руководящий документ Цюрих-Лима, 2020. 72 с.
2. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации. Под ред. В.И. Осипова, С.К. Шойгу. –М.: ИЦП Дизайн. Информация. Картография, 2005. – 270 с. \
3. Атлас снежно-ледовых ресурсов Мира. – М., РАН, 1997, 372 с.
4. Природные опасности России. Под общ. ред. В.И. Осипова, С.К. Шойгу. – М.: Изд. фирма «КРУК», 2000–2003. Т. 1–6.

Дополнительная

1. Snow and Ice-Related Hazards, Risks, and Disasters / Haeblerli W., Whiteman C. (eds.) – Elsevier, 2014. - 764 p.

Эволюция криосферы и глобальные изменения климата

Криосфера и климат в истории Земли. Гипотезы изначально раскаленной, а затем остывающей Земли и первично холодной, а затем разогретой Земли. Концепция расширяющейся и усложняющейся криосферы Земли. Докембрийские и палеозойские криогенные эпохи, их продолжительность и распространение. Перестройка климата и изменение структуры криогенных зон в фанерозое, соотношение наземного и подземного оледенений в различные этапы плейстоцена. Признаки и причины оледенений. Следы криохронов в отложениях.

Влияние криосферы на тектонические процессы, внутренние и внешние оболочки Земли. Физические основы гляциоизостазии. Астеносфера и компенсационные движения земной коры. Доказательства явления гляциоизостазии. Влияние оледенений на вулканизм и землетрясения. Особенности проявления сейсмичности в криосфере. Изменения полярной и горной криосферы на рубеже плейстоцен-голоцена и ее роль в становлении современных экосистем. Условия обитания и миграции позднепалеолитического человека из Азии в Северную Америку. Следы Плейстоцен-Голоценовой перестройки природной среды в многолетнемёрзлых породах, нивально-гляциальных отложениях и криогенном рельефе.

Методы диагностики, датирования, картирования и корреляции нивально-гляциальных и криогенных отложений и форм рельефа. Отличия визуально схожих, но генетически отличающихся типов отложений, терминология гляциальной и перигляциальной геоморфологии, чтение карт четвертичных отложений. Методы реконструкции снежно-ледяных образований, их геологической деятельности, механизмов образования и деградации. Возможности и ограничения современных методов исследований.

Особенности формирования крупных черт рельефа в условиях криосферы Земли. Соотношение скоростей денудации ледосборных бассейнов мира и умеренных гумидных зон. Темпы ледниковой и мерзлотной денудации. Ледниковый литогенез. Морены – самый несортированный генетический тип континентальных отложений. Мерзлотный литогенез. Лессовидные образования (покровные суглинки, отложения ледового комплекса) – самый сортированный тип континентальных отложений. Криогенная природа лёссовых отложений Земли.

Особенности развития четвертичных оледенений в разных районах мира. Реконструкция последнего максимума оледенения Альп, С. и В. Европы, С. и Ю. Америки, Азии, Африки, Арктических островов и архипелагов, гляциальных шельфов. Методы реконструкции для различных хронологических срезов физических параметров снежно-ледяных образований размеров, формы и строения ледяных тел, их географического распространения, баланса массы, температурного режима и теплового баланса, динамики и геологической деятельности

Криосфера и баланс углерода в биосфере. Соотношение палеотемпературной кривой и содержание CO₂ в разрезе ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии. Запасы углерода в криолитозоне, оценки и методы их измерения. Баланс углерода в криогенных экосистемах. Темпы эмиссии углерода из оттаивающей мерзлоты в условиях потепления климата.

Криосфера и природно-техногенные загрязнители. Источники и пути миграции основных загрязнителей в полярных и высокогорных областях Земли: стойкие органические загрязнители, ртуть и другие тяжёлые металлы, радиоактивные элементы и т.д. Пылевое загрязнение ледниковых щитов. Вопросы захоронения радиоактивных отходов в объектах криосферы. Климатические изменения как катализатор миграции загрязняющих веществ.

Реакция различных естественно-исторических частей криосферы Земли (ледниковых щитов – Антарктида, Гренландия; горных ледников, морского льда; криолитозоны) на потепление климата. Темпы деградации ледников и морских льдов; современная динамика температуры многолетнемерзлых пород в различных регионах криолитозоны мира. Темпы и характер деградации мерзлоты вблизи южной границы криолитозоны. Перестройка рельефа в северной и южной частях криолитозоны при потеплении климата. Последствия интенсивного таяния горных ледников и ледниковых щитов. Прогноз состояния криосферы к середине и концу XXI века.

Современные концепции эволюции географической оболочки Земли под воздействием промерзания, оледенения и распространение ледников, снежного покрова, морских льдов, нивально-гляциальных процессов в различные геологические эпохи. Прямые и обратные связи природных льдов в глобальной системе атмосфера – океан – суша – оледенение, внешние и внутренние причины и следствия между изменениями климата, рельефа, ландшафтов и компонентами криосферы.

Литература

Основная

1. Климат в эпохи крупных биосферных перестроек / Гл. редакторы: М.А. Семихатов, Н.М. Чумаков. - М: Наука, 2004. - 299 с.
2. Марков К.К. Палеогеография. –М.: Изд. Моск. ун-та. [Глава 2 –Космогонические

основы палеогеографии, с. 22-34].

3. Тимофеев Д.А., Маккавеев А.Н. Терминология гляциальной геоморфологии – М.: Наука, 1986. 256 с.

4. Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на восточно-европейской равнине и в Западной Сибири (под ред. Н.С. Касимова и А.В. Кислова). -М.: МАКС Пресс, 2011. - 496 с.

5. Barry R. G., Gan T.Y. The Global Cryosphere. Past, Present, and Future. – Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 472 p.

Дополнительная

1. Величко А.А., Грибченко Ю.Н., Куренкова Е.И., Новенко Е.Ю. Геохронология палеолита Восточно-европейской равнины. В кн.: Ландшафтно-климатические изменения, животный мир и человек в позднем плейстоцене и голоцене. -М., 1999 [стр. 19-50].

2. Динамика ландшафтных комплексов и внутренних морских бассейнов северной Евразии за последние 130 000 лет. –М.: Геос, 2002. [глава 9, стр. 156-164]. [карта 4 – стр. 8; карта 5 – стр. 14; карта 6 – стр. 20].

3. Имбри Дж., Имбри К.П. Тайны ледниковых эпох – М.: Прогресс, 1988. 264 с.

4. Ивановский Л.Н. Гляциальная геоморфология гор. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1981, 173 с.

5. Конищев В.Н., Рогов В.В. Влияние криогенеза на сток растворенного вещества рек в криолитозоне. Криосфера Земли, т. X, № 4, 2006, стр. 3-8.

6. AMAP Assessment 2015: Methane as an Arctic climate forcer. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. vii + 139 pp.

7. AMAP Assessment 2015: Radioactivity in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. vii + 89 pp.

8. AMAP Assessment 2015: Temporal Trends in Persistent Organic Pollutants in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. vi+71 pp.

9. AMAP, 2013. AMAP Assessment 2013: Arctic Ocean Acidification. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. viii + 99 pp.

10. AMAP Assessment 2015: Black carbon and ozone as Arctic climate forcers. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. vii + 116 pp.

11. UNEP, 2013. Global Mercury Assessment 2013: Sources, Emissions, Releases and Environmental Transport. UNEP Chemicals Branch, Geneva, Switzerland

Криотрасология

Криотрасология – область знаний о вещественных следах фазовых переходов пар-вода-лед в разномасштабных многокомпонентных геосистемах, а также методах и средствах их исследований. Криотрасология занимается систематизацией и выявлением таких следов для изучения геокриологической истории и палеогеографии природной среды в древней и современной криолитозоне. Объектами исследования криотрасологии являются криогенные, палеокриогенные и посткриогенные геосистемы разного масштаба и возраста в верхней части литосферы. Для выявления следов криогенных условий и процессов, в основном, могут быть использованы объекты локального, местного, макро-, мезо- и микромасштаба. Из наиболее известных объектов криотрасологии разного масштаба можно отметить вечномерзлые толщи; талые или мерзлые стратиграфогенетические комплексы и отдельные разрезы отложений; залежи пластовых и жильных льдов; отдельные ледяные жилы, пласты льда и текстурообразующие льды; а так же их компоненты - минеральные терригенные и аутигенные включения, органические остатки, газы, микробиота и др. Исходя из этого предметом криотрасологии являются любые известные и предполагаемые материальные следы промерзания, льдовыделения и протаивания в осадочной толще или в искусственных средах при различных условиях, выраженные в морфологии изучаемого объекта и пространственном распределении составляющих его элементов - минеральных, органических, газовых и др. Для изучения

следов криолитогенеза в рамках криотрасологии в первую очередь изучается разрез мерзлой толщи, который закрепляет стратиграфическое положение, последовательность формирования и взаимоотношения более мелких частей единого объекта - залежей льда, отдельных шпиров льда, минеральных частей скелета и примесей, Вещественные следы в геосистеме разделяют на визуальные, различающиеся по размеру (макроследы более 0,1-0,5 мм, микроследы- менее 0,5-мм) и аналитические (данные различных параметров, получаемые с помощью высокоточного оборудования)

Литература

Основная

1. Мельников В.П. К созданию цельного образа криосферы. Криосфера Земли, 2014, т. XVIII, № 4, с. 3–12
2. Ершов Э.Д. Общая геокриология Изд-во МГУ. 2009.-682 с.

Дополнительная

1. Рогов В.В. Основы криогенеза. Новосибирск, ГЕО, 2009, 195 стр.
2. Конищев В.Н. Формирование состава дисперсных пород в криолитосфере. Новосибирск. Наука. 1981 234 с.
3. Ершов Э.Д., Данилов И.Д., Чеверев В.Г. Петрография мерзлых пород. Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 311 с.
4. Данилов И.Д. Методика криолитологических исследований. -М.:«Недра»,1983, 200с.

Геокриология горных стран

Структура высотной геокриологической поясности. Общие и региональные закономерности высотной климатической поясности океанических и континентальных областей. Циклональный и инверсионный типы высотной поясности, разновидности инверсий в горах. Геокриологическая поясность, ее связь с климатической. Характеристика океанического и континентального типов высотной геокриологической поясности. Геокриологические пояса и подпояса, их соотношение в различных типах климатов.

Влияние природных факторов на распространение и развитие горной мерзлоты.

Влияние орогенных образований на геокриологические условия на мега-, макро-, мезо- и микроуровнях. Зональные и азональные закономерности асимметрии геокриологических условий. Влияние литологических условий на формирование и развитие мерзлоты. Существенные различия в условиях и темпах промерзания в грубообломочных, тонкодисперсных и органогенных породах. Влияние снежного и растительного покрова на разных стадиях промерзания и оттаивания.

География, морфология и температурный режим высокогорной криолитозоны.

Основные методы определения наличия мерзлоты в горах: ландшафтный, геологический, геофизический, геотермический, метод BTS. Общие, региональные и локальные закономерности распространения и температурного режима многолетнемерзлых пород. Региональный обзор распространения, морфологии и температурного режима криолитозоны в горных системах умеренных широт.

Взаимодействие наземного и подземного оледенения в горах. Взаимосвязи процессов развития и деградации наземного, подземного и морского оледенения. Воздействие горных ледников на окружающие и подстилающие горные породы. Соотношение зон льдообразования в области аккумуляции и абляции ледников и возможности существования многолетнемерзлых пород в условиях морского и континентального типов климата.

Криогенное строение многолетнемерзлых пород и подземные льды. Основные закономерности формирования криогенного строения и возникновения подземных льдов в озерно-аллювиальных, склоновых, моренных отложениях, а также скальных и полускальных породах. Региональные особенности криогенного строения пород в зависимости от особенностей рельефа, геологических и гидрогеологических условий.

Криогенные процессы и явления.

Формы морозного пучения: миграционные бугры пучения (туфуры), торфяно-минеральные бугры пучения (пальсы), сезонные и многолетние гидролаколиты с ледяными ядрами инъекционного происхождения, валунные бугры пучения. Формы криогенного рельефа, связанные с морозобойным растрескиванием (структурные грунты): сортированные полигоны, круги, полосы, ступени. Несортированные или трещинные полигоны. Курумы: закономерности распространения в различных горных системах, морфологические типы, движение. Курумолетчеры. Солифлюкционные образования. Аморфная и структурная солифлюкция. Типы движения солифлюкционных масс. Бороздящие валуны. Процессы наледообразования. Типы наледей, их распространение, морфология и строение. Посткриогенные процессы: термокарст, термоэрозия, термообразия.

Каменные глетчеры. Морфогенетическая характеристика каменных глетчеров. Влияние природных факторов на развитие каменных глетчеров (рельеф, геологическая обстановка, климат, оледенение). Внутреннее строение каменных глетчеров. Динамика каменных глетчеров в пространстве и во времени. Эволюция каменных глетчеров в плейстоцене и голоцене. Проблемы картирования каменных глетчеров.

Сезонное промерзание и оттаивание горных пород в горах. Влияние природных факторов на сезонное промерзание грунтов (снежный покров, ориентация склонов, растительность, состав грунтов). Криогенное строение сезонно- мерзлых пород.

Эволюция высокогорной криолитозоны.

Основные этапы возникновения и развития высокогорной криолитозоны в плейстоцене. Новейший этап эволюции высокогорной мерзлоты в голоцене. Современные тенденции эволюции высокогорной криолитозоны.

Основы картографирования высокогорной криолитозоны. Основные разновидности инженерно-геокриологических карт по назначению, масштабу, способам построения. Принципы отображения параметров высокогорной криолитозоны на инженерно-геокриологических картах.

Литература

Основная

1. Горбунов А.П., Титков С.Н., Северский Э.В. Геокриологические условия Тянь-Шаня и Памира. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО РАН, 1996. 196 с.
2. Романовский Н.Н. Основы криогенеза литосферы (учебное пособие). – М.: Изд-во МГУ, 1993. 336 с.
3. Титков С.Н. Геокриология горных стран (учебное пособие). – М.: Географический факультет МГУ, 2006. 136 с.

Дополнительная

1. Горбунов А.П. Криолитозона Центрально-Азиатского региона. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1986.
2. Горбунов А.П., Титков С.Н. Каменные глетчеры гор Средней Азии. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1989.
3. Криогенные явления высокогорий. Под ред. Горбунов А.П. – Новосибирск: Наука, 1978.
4. Некрасов И.А. Криолитозона Северо-востока и Юга Сибири и закономерности ее развития. – Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1976.
5. Humlum, O. Alpine and Polar Periglacial Processes: The Current State of Knowledge (Plenary Paper). – Fairbanks: Ninth International Conference on Permafrost Proceedings, 2008.

Мерзлотно-экологическая оценка состояния геосистем равнин и гор криолитозоны

Формирование экологических ситуаций при хозяйственном освоении. Роль ландшафтных методов в мерзлотно-экологических исследованиях. Градации экологических ситуаций в

криолитозоне. по нормативным документам Минприроды РФ. Понятия «кризисная экологическая ситуация» в равнинной криолитозоне и в высокогорье.

Устойчивость ландшафтов криолитозоны к антропогенным воздействиям. Концептуальные положения. Факторы, влияющие на потенциал устойчивости геосистем в разных природно-климатических районах криолитозоны. Алгоритм оценки потенциальной устойчивости геосистем разного иерархического уровня.

Оценка лавинной активности, опасности и риска. Оценка рекреационного потенциала горных территории. Алгоритмы оценки лавинной опасности и риска в различных масштабах для разного типа объектов. Снежно-ледовые ресурсы в рекреационных районах. Рекреационные особенности высокогорных территорий РФ.

Балльные экспертные оценки в геоэкологических и гляциологических исследованиях. Метод балльных экспертных оценок: достоинства и недостатки. Приемы их совершенствования. Понятие о «центрах качества». Примеры использования графоаналитического способа совмещения оценочных шкал показателей.

Инженерно-географическая оценка территорий криолитозоны Западной Сибири. Принципы количественной оценки устойчивости криогеосистем. Оценка устойчивости деятельного слоя и расчет динамики его мощности при техногенных воздействиях. Программа «Econorth». Техногеоэкологический анализ состояния магистральных газопроводов.

Комплексная оценка и картографирование мерзлотно-экологического состояния геосистем. Выбор факторов литокриогенного и эколого-биотического состояния ландшафтов локального уровня в тундровой и бореальной криолитозоне. Способы выведения интегральных индексов опасности для ранжирования ландшафтов по степени уязвимости к освоению. Расчетно-статистический метод. Графоаналитический метод. Принципы мерзлотно-экологического картографирования.

Оценка состояния оленьих пастбищ в зонах промышленной инфраструктуры месторождений Тюменского Севера. Анализ ведущих антропогенных факторов, влияющих на снижение качества кормовых угодий Проблемы северного оленеводства в районах нефтегазового освоения. Экологические требования к обустройству месторождений углеводородного сырья в зонах развития оленеводства.

Экодиагностика опасных геоэкологических ситуаций при хозяйственном освоении криолитозоны. Матричная модель оценки формирования кризисных экологических ситуаций. География геоэкологических ситуаций на севере криолитозоны. Стратегия стабилизации геоэкологических ситуаций.

Литература

Основная

1. Тумель Н. В., Зотова Л.И. Геоэкология криолитозоны: учебное пособие. – М.: Географический факультет МГУ, 2014. – 244 с.
2. Марахтанов В.П. Матричная модель антропогенной динамики литогенной основы ландшафтов криолитозоны. Проблемы общей и прикладной геоэкологии Севера. –М.: Изд-во МГУ, 2001. С.68-85.
3. Марахтанов В.П., Великоцкий М. А., Чигир В.Г. Взаимодействие газопроводов с ландшафтами севера Западной Сибири. – М.: Деловой стиль, 2021. С.37-75; 93-100; 256-257; 264-277 .

Дополнительная

1. Викулина М.А. Оценка лавинной активности, опасности и риска (на примере Хибин). Автореф. дис. к.г.н. 2009. 32 с.
2. Гировка Н.Н. Рекреационные ресурсы: снежный покров в горах. Нижний Новгород: ННГАСУ, 2013, 156 с.
3. Зотова Л.И., Дедюсова С.Ю. Оценка состояния оленьих пастбищ в зонах промышленной инфраструктуры месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа. //Проблемы региональной экологии, №5, 2016. С.92-99.

4. Tumel, N.; Zotova, L. Diagnostics and Mapping of Geoecological Situations in the Permafrost Zone of Russia. *Geosciences* 2019, 9, 353.
5. СП 428.1325800.2018. Свод правил. «Инженерные изыскания для строительства в лавиноопасных районах. Общие требования»

Мерзлотно-экологические проблемы промышленных центров Севера

Современное состояние мерзлотно-экологической ситуации в промышленных центрах Севера. Техногенные воздействия на вечномерзлые основания зданий и сооружений: механические (силовые, динамические), тепловые, физико-химические, сейсмические; их роль в изменении устойчивости инженерной инфраструктуры. Оценка мерзлотно-экологической ситуации и инженерно-геокриологической обстановки в городах и поселениях Российского и Зарубежного Севера. Исторические и социально-экономико-географические аспекты, влияющие на состояние вечной мерзлоты и возможную активизацию опасных инженерно-криогенных процессов на хозяйственно освоенных территориях.

Инженерно-криогенные процессы. Классификации инженерно-криогенных процессов. Анализ основных групп процессов: а) связанных с дополнительным антропогенным отоплением; б) связанных с техногенным привнесом охлаждающего импульса; в) связанных с гравитационной неустойчивостью; г) специфических. Региональные аспекты проявления инженерно-криогенных процессов: природные мерзлотно-геологические условия в их взаимодействии\реакции на специфические техногенные воздействия. Рациональные методы защиты объектов от воздействия деструктивных мерзлотно-криогенных процессов.

Количественные методы оценки динамики геокриологических условий на урбанизированных территориях. Интенсивные и экстенсивные факторы, влияющие на тепло-массообмен «атмосфера – вечномерзлые основания». Расчет инженерно-геокриологических параметров (применение компьютерных программ) при изменениях климата и усилении техногенеза : а) для расчетов нестационарных тепловых полей с учетом подвижной границы раздела фаз; б) для расчета изменения несущей способности фундаментов, устроенных в вечномерзлых грунтах; в) для оценки устойчивости малонагруженных опор трубопроводов на воздействие морозного пучения в деятельном слое. Оценка степени рисков и ущербов для инженерной инфраструктуры при развитии деструктивных криогенных процессов .

Негативные последствия при деградации вечной мерзлоты на территориях промышленных центров Крайнего Севера. Изменение природной ландшафтно-мерзлотной структуры; активизация опасных криогенных процессов, негативное воздействие техногенного подтопления и засоления, разрушение линейных техногенных систем, загрязнение поверхностных водоемов, разрушение портовой инфраструктуры и отступление берегов в Арктике; деформации объектов при снижении несущей способности вмороженных фундаментов, активизация морозной деструкции (криогенного выветривания) подземных конструкций; выход загрязнителей в окружающую среду.

Основные типы природно-техногенных геокриологических комплексов, формирующихся в промышленных центрах Крайнего Севера.

Элементы городской среды и характер температурных полей, формирующихся в их основаниях. Особенности взаимодействия урбанизированных элементов и вечномерзлых грунтов оснований. Влияние региональных геолого-географических условий на формирование специфических природно-техногенных геокриологических комплексов. Мерзлотный и геотехнический мониторинг вечномерзлых оснований в период подготовки территории к застройке, при строительстве, эксплуатации и реконструкции зданий и сооружений. Деформации объектов: причины, способы обеспечения устойчивости зданий и сооружений. Выбор оптимальных средств управления

геоэкологической обстановкой и инженерно-геокриологической ситуацией – основа стратегии освоения криолитозоны.

Литература

Основная

1. Горбачева В.М. Город в Заполярье и окружающая среда. – Ленинград, Стройизда, Ленингр.отд-ние, 1984. – 145 с.
2. Ильичев В.А, Владимиров В.В., Садовский А.В., Замараев А.В., Гребенец В.И., Кутвицкая Н.Б. Перспективы развития поселений Севера в современных условиях. – М.: Изд-во СОПС, 2003. – 232 с.
3. Хрусталева Л.Н. Основы геотехники в криолитозоне. – М.: Изд-во Московского университета, 2005. – 280 с.

Дополнительная

1. Айбулатов Д.Н., Глазовская Т.Г., Гребенец В.И., Деркачева А.А., Сократов С.А., Толманов В.А., Турчанинова А.С., Хисматуллин Т.И., Школьный Д.А., Шныпарков А.Л. Развитие транспортных коммуникаций Сибири и Дальнего Востока с учетом опасных природных процессов и явлений\ Под ред. Шныпоркова А.Л. – М.: Изд-во «Перо», 2021. – 200 с.
2. Природные опасности. Геокриологические опасности.\Под ред. Л.С. Гарагуля, Э.Д. Ершова. – М.: Издат.фирма «Крук», 2001. – 516 с.
3. СП 25.13330. 2020. Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. – М.: Изд-во Минстроя РФ, 2021. – 94 с.
4. Хрусталева Л.Н., Пармузин С.Ю., Емельянова Л.В. Надежность северной инфраструктуры в условиях меняющегося климата. – М.: Университетская книга, 2011. – 260 с.
5. Эколого-географические последствия глобального потепления климата XXI века на Восточно-Европейской равнине и в Западной Сибири\ Под ред. Н.С. Касимова, А.В. Кислова. – М.: Изд-во Макс Пресс, 2011. – 289 с.

Экспериментальные исследования снега, льда и мерзлых пород

Оптические методы

Изучение кристаллического строения льдов различного генезиса, природного происхождения и искусственных образцов. Поляризованный свет. Основы микроскопии. Столик Фёдорова.

Плотность и прочность снежного покрова

Моделирование заданных плотностных характеристик снега. Зависимость плотности снега от температуры. Плотность и прочностные характеристики. Определение эквивалентного сцепления методом шарикового штампа .

Прочностные характеристики льда

Механические свойства льда. Упругие и пластичные деформации. Предел упругости, предел прочности. Модуль Юнга. Анизотропия кристаллов льда. Испытания образцов льда с разным кристаллическим строением на одноосное сжатие.

Акустические методы

Основные понятия Акустики как научного направления. Приборы и методы акустических исследований. Частота, длина волны, амплитуда. Влияние основных характеристик снежного покрова и ледяных массивов на распространение акустических волн. Зондирование образцов снега и льда с различными плотностными характеристиками ультразвуковыми волнами с помощью пьезоэлектрических излучателей.

Теплофизические характеристики

Теплопроводность льда и снега. Теплоемкость. Температуропроводность. Температура начала замерзания. Формирование тепловых полей в многослойных средах, в грунтах

различного состава, влажности, льдистости. Теплопередача, основные методы решения задач теплопроводности. Определение теплофизических характеристик с помощью прибора KD2 Pro.

Литература

Основная

1. Виноградова Г.Н., Захаров В.В. Основы микроскопии (часть 1 и 2). – СПб Университет ИТМО 2018. 132 и 246 с.
2. Войтковский К.Ф. Механические свойства снега / К.Ф. Войтковский. М., Наука, 1977, 126 с.
3. Голубев В.Н. Зарождение и рост кристаллов льда в атмосфере. Лёд и снег 2013 №1 (121)
4. Голубев В.Н. Структурное ледоведение: Строение конжеляционных льдов. М.: Изд-во МГУ, 2000, 88 с.
5. Голубев В.Н. Структурное ледоведение: Теоретические основы конжеляционного льдообразования. М.: Изд-во МГУ, 1999. 104 с.;

Дополнительная

1. Епифанов В.П. Применение акустических методов в исследованиях снежного покрова. Криосфера Земли, 2014, т. XVIII, № 3, с. 101–113
2. Зыков Ю.Д., Червинская О.П. Акустические свойства льдистых грунтов и льда. М. Наука 1989 135 с.
3. Лыков А.В. , Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса. М. – Л. Госэнергоиздат, 1963. – 536 с.
4. Методы геокриологических исследований. - Под ред. Ершова Э.Д. изд. Московского Университета 2004. 516 с.
5. Роман Л. Т. Механика мерзлых грунтов. — Москва: Москва, 2002. — 425 с.
6. Савельев Б. А. Методы изучения мерзлых пород и льдов / - М.: Недра, 1985. - 222 с.
7. Цытович Н.А. Механика мерзлых грунтов: учебное пособие. — М.: Высшая школа, 1973. — 448 с.: ил.
8. Шумский П.А. Основы структурного ледоведения. М.:Изд-во АН СССР, 1955. 492 с.

Количественные методы прогноза в мерзлотоведении и гляциологии

Количественные методы решения задач теплопроводности (промерзание, протаивание грунтов)

Формулировка задач промерзания-оттаивания для грубо - и тонкодисперсных пород. Постановка и решение классической задачи промерзания-оттаивания (задачи Стефана). Квазистационарные приближения решений задачи. Подходы к решению задачи промерзания – оттаивания с учетом массопереноса и замерзания почвенной влаги в спектре температур. Влияние процессов конвективного теплопереноса в различных элементах геокриологического разреза и методы количественной оценки этого влияния. Специфика промерзания-оттаивания засоленных пород и сопутствующие эффекты. Программы для моделирования температурного режима мерзлых грунтов.

Основные количественные методы оценки опасных криогенных процессов.

Модели процесса промерзания с учетом пучения. Приближенные методы оценки интенсивности пучения. Природа термокарста. Тепловые осадки оттаивающих пород.

Количественные методы оценки развития термокарста.

Литература

Основная

1. Основы мерзлотного прогноза при инженерно-геологических исследованиях / А. В. Брушков, С. Н. Булдович, С. С. Волохов и др. Геоинфо Москва, 2016. 512 с.
2. Основы геокриологии. Том 4. Динамическая геокриология./ Под ред. Ершова

- Э.Д. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001.
3. Основы геокриологии. Том 5. Инженерная геокриология./ Под ред. Ершова Э.Д. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999.

Дополнительная

1. Романовский Н.Н. Основы криогенеза литосферы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993.
2. Методы геокриологических исследований. - Под ред. Ершова Э.Д. изд. Московского Университета 2004. 516 с.
3. Гречищев С.Е., Чистотинов Л.В., Шур Ю.Л. Основы моделирования криогенных физико-геологических процессов. М.: Наука, 198 с.
4. Методы геокриологических исследований: Учеб. пособие/ Под ред. Э.Д.Ершова. – М.: Изд-во МГУ. 2004. – 512 с.
5. Конищев В.Н., Рогов В.В. Методы криолитологических исследований. – М.: Изд-во МГУ. 1993.

Основы численного моделирования

Введение в численное моделирование. Применение задач высшей математики и механики сплошных сред для моделирования в гляциологии.

Климатические модели. Моделирование баланса энергии. Методы моделирования баланса массы.

Введение в динамику ледников. Тензоры напряжений и скорости деформации.

Реология ледников. Закон Глена. Поле скоростей в леднике. Профиль скорости льда в двухмерном случае.

Моделирование ледниковых щитов. Уравнение идеальной пластичности, приближение мелкого льда. Законы сохранения массы, момента и энергии в применении к леднику. Аппроксимации. Метод конечных элементов.

Термодинамика ледников. Закон сохранения энергии. Радиационный баланс на поверхности ледника.

Моделирование ледовых шельфов. Моделирование динамики шельфового ледника. Взаимодействие шельфового ледника и океана. Определение нижней границы шельфового ледника. Моделирование линии налегания.

Моделирование долинных ледников. Основные уравнения и принятые упрощения.

Методы оценки скорости скольжения ледника по ложу. Ледниковые потоки. Уравнения движения ледников вдоль осевой линии.

Субгляциальные процессы. Виды подледных гидрологических систем. Оценка гидравлического потенциала. Методы моделирования гидрологии ледников.

Моделирование айсбергообразования. Формирование трещин. Методы моделирования айсбергов.

Методы моделирования моренного покрова ледников.

Глобальные модели горного оледенения. Архитектура глобальных гляциологических моделей. Базы данных для моделирования ледников на региональном уровне. Инверсия: аналитические методы расчета толщины ледника по доступным данным

Литература

Основная

1. Котляков В.М. Снежный покров и ледники Земли. Избранные сочинения в 6-ти книгах. Кн.2 – М., Наука, 2004, 448 с.
2. Hooke, R.LeB., 2005. Principles of glacier mechanics. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge.
3. Van der Veen, C. J. (2013). Fundamentals of glacier dynamics. CRC press.
4. Greve R. and Blatter H. (2009) Dynamics of Ice Sheets and Glaciers. Springer.

Дополнительная

1. Ландау, Л. и Лифшиц, Е. (1986). Теоретическая физика. Т. 6. Гидродинамика. М:

- Наука.
2. Рыбак О.О. (2008) Математические модели континентальных ледниковых щитов. Часть 1. Архитектура моделей, Криосфера Земли, т. XII, № 1, с. 12–23
 3. Abramowitz, M. and I. A. Stegun. 1970. Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables. Dover Publications, New York, NY, USA.
 4. Benn and Evans (2010) Glaciers and Glaciation.
 5. Bronshtein, I. N., K. A. Semendyayev, G. Musiol and H. Muehlig. 2004. Handbook of Mathematics. Springer, Berlin, Germany etc., 4th ed.
 6. Farinotti, D., Brinkerhoff, D., Clarke, G. K., Fu"rst, J. J., Frey, H., Gantayat, P., Gillet-Chaulet, F., Girard, C., Huss, M., Leclercq, P. W., et al. (2016). How accurate are estimates of glacier ice thickness? results from itmix, the ice thickness models intercomparison experiment. The Cryosphere Discussions.
 7. Farinotti, D., Huss, M., Bauder, A., Funk, M., and Truffer, M. (2009). A method to estimate the ice volume and ice-thickness distribution of alpine glaciers. Journal of Glaciology, 55(191):422–430.

Мерзлотные процессы и методы их изучения

Особенности проявления экзогенных геологических процессов в криолитозоне. Региональные особенности развития мерзлотных процессов в криолитозоне России. Принципы и подходы классификации мерзлотных процессов. Процессы, связанные с промерзанием, с протаиванием и с режеляцией; факторы, влияющие на их активность. Причины и условия морозобойного растрескивания и формирования грунтовых, грунтово-ледяных и ледяных жил, псевдоморфоз. Склоновые процессы и особенности их проявления в криолитозоне; связь формы движения материала на склонах с криолитологическим строением СТС и верхних горизонтов вечномерзлых пород. Криогенное пучение: факторы и условия возникновения, формы проявления, особенности пространственного распространения. Термокарст: факторы и условия возникновения, формы проявления, особенности пространственного распространения. Термоэрозия: факторы и условия возникновения, формы проявления, особенности пространственного распространения. Термоденудация в условиях высокольдистых мерзлых толщ и подземных льдов. Комплекс процессов, развивающихся на арктических побережьях, методы изучения, динамика арктических берегов, региональная специфика развития побережий. Факторы, определяющие развитие термоабразии и термоденудации на береговых уступах. Методы изучения мерзлотных процессов – полевые и стационарные. Использование данных дистанционного зондирования, ландшафтно-индикационный метод в изучении мерзлотных процессов и явлений, криолитологических исследованиях.

Литература

Основная

1. Воскресенский К.С. Современные рельефообразующие процессы на равнинах Севера России. — М.: Изд-во МГУ, 2001. — 262с.
2. Методы геокриологических исследований: Учеб. пособие/ Под ред. Э.Д.Ершова. – М.: Изд-во МГУ. 2004. – 512 с.
3. Основы геокриологии. Ч. 4 Динамическая геокриология / Под ред. Э.Д.Ершова. — М.: Изд-во МГУ, 2001. — 688 с.

Дополнительная

1. Конищев В.Н., Рогов В.В. Методы криолитологических исследований. – М.: Изд-во МГУ. 1993.
2. Каплина Т.Н. Криогенные склоновые процессы. – М.: Наука, 1965, -296с.
3. Арэ Ф.Э. Разрушение берегов арктических приморских низменностей. –Новосибирск: Гео, 2012. — 291с.

Организация и проведение мониторинговых наблюдений

Мониторинговые исследования в гляциологии

Цели и задачи мониторинга. Методы и структура мониторинговых исследований в гляциологии. Система наблюдений, оценки, контроля и прогноза состояния ледниковых тел и массивов.

Наблюдения за снежно ледовыми ресурсами

Измерения аккумуляции и абляции. Определение скоростей движения. Определение строения и толщины ледника.

Дистанционные методы в мониторинговых исследованиях на ледниках

Геофизические методы. Картографирование ледников и ледниковых систем. Колебание ледников. Изучение гляциоклиматических условий.

Мониторинговые исследования за стихийными и опасными нивально-гляциальными процессами и явлениями

Снежные лавины. Резкие подвижки ледников. Гляциальные сели и водо-снежные потоки. Обвалы и осыпи.

Мониторинговые исследования в мерзлотоведении

Цели и задачи мониторинга объектов криолитозоны. Научный и промышленный мониторинг. Обзор мониторинговых программ криолитозоны.

Мониторинг сезонноталого слоя и температуры многолетней мерзлоты

Научные основы мониторинга температуры мерзлых пород и параметров сезонноталого слоя (СТС). Методика мониторинга по протоколам ВСЕГЕИ и CALM. Результаты мониторинга по программе CALM. GTN-P – глобальная сеть мониторинга криолитозоны: её структура, протокол измерений и результаты её работы.

Промышленный мониторинг

Геотехнический мониторинг, мониторинг экзогенных процессов на территориях освоения криолитозоны. Мониторинг деформаций инженерных объектов.

Мониторинговые наблюдения за криогенными процессами.

Мониторинг отступления морских и речных берегов. Мониторинг термокарста. Мониторинг морозобойного растрескивания грунтов. Мониторинг солифлюкции.

Литература

Основная

1. Гляциологический словарь. Под ред. В.М.Котлякова. Л.: Гидрометеиздат, 1984.
2. Кренке А.Н. Массообмен в ледниковых системах на территории СССР. –Л.: Гидрометеиздат, 1982.
3. Патерсон У.С. Физика ледников. –М.: Мир, 1984.
4. Шумский П.А. Основы структурного ледоведения. –М.: АН СССР, 1957.
5. Методы геокриологических исследований: Учеб. пособие / Под ред. Э.Д. Ершова. — М.: Изд-во МГУ. 2004. — 512 с.
6. Павлов А. В. Мониторинг криолитозоны. – Гео, 2008.

Дополнительная

1. Войтковский К.Ф. Основы гляциологии. М.: Наука, 1999. - 256 с.
2. Каменский Р. М. Мониторинг природно-технических систем в криолитозоне //Криосфера Земли. – 1999. – Т. 3. – №. 4. – С. 3-8.
3. Павлунин В. Б., Быкова А. В., Лобастова С. А. Мониторинг техногенного оврагообразования на объектах добычи углеводородного сырья в условиях криолитозоны //Инженерные изыскания. – 2015. – №. 3. – С. 60-68.
4. Марахтанов В. П., Топчиев А. Г. Технология геотехнического мониторинга магистральных газопроводов на территории криолитозоны Западной Сибири //Успехи современного естествознания. – 2016. – №. 9. – С. 131-136.
5. Малкова Г. В. Мониторинг среднегодовой температуры пород на стационаре Болванский //Криосфера Земли. – 2010. – Т. 14. – №. 3. – С. 3-14.

Горная метеорология

Физические свойства атмосферного воздуха и основы метеорологии

Газовый состав атмосферы. Воздух, как смесь идеальных газов. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Экспоненциальная атмосфера Больцмана и уравнение гидростатики. Распределение давления, температуры и плотности с высотой. Первое начало термодинамики для сухого и влажного воздуха. Адиабатический процесс. Сухо и влажно-адиабатический градиент температуры. Термодинамическая устойчивость атмосферы. Распределение водяного пара с высотой. Солнечная постоянная и инсоляция на внешней границе атмосферы. Ослабление радиационных потоков в полупрозрачной среде (в атмосфере, водоемах, снежном покрове). Радиационный баланс системы «Земля-атмосфера» и подстилающей поверхности. Парниковые газы. Уравнение притока тепла для атмосферы. Уравнение баланса водяного пара. Испарение и конденсация. Скорость конденсации. Силы, действующие в атмосфере. Уравнение движения в общем виде. Геострофический и термический ветер. Атмосферные фронты. Циклоны и антициклоны. Основные черты общей циркуляции атмосферы в тропиках и в умеренных широтах. Краткая характеристика климатов Земли.

Метеорологические аспекты формирования баланса массы горных ледников. Основы гляцио-климатологии.

Особенности формирования основных полей метеорологических величин в горах (радиационного баланса, температуры, осадков, ветра). Уравнение баланса массы горного ледника. Метелевая сублимация как фактор потери массы горного ледника. Уравнение теплового баланса ледников «альпийского» типа и «холодных» ледников. Особенности радиационного баланса в горных районах. Оценки турбулентного тепло- и влагообмена снежно-ледовой поверхности с атмосферой. Физические механизмы вариаций баланса массы в основных горно-ледниковых районах мира.

Климат высокогорных районов Земного шара и его изменения по данным наблюдений и численного моделирования..

Динамика температуры, влагосодержания, компонент радиационного баланса и осадков по данным измерений на Тибете, в Альпах и Андах. Изменения горного климата по данным наблюдений и реанализов и его статистические оценки. Некоторые сведения о динамике высокогорного климата в последние сотни лет на основе анализа ледниковых кернов. Оценка возможных изменений высокогорного климата на основе сценариев IPCC.

Перечень основных тем:

1. Основные физические свойства идеального газа. Уравнение состояния газов.
2. Закономерности изменения плотности, давления, температуры и характеристик влажности с высотой.
3. Первое начало термодинамики применительно к атмосфере. Сухо и влажно адиабатический градиенты температуры. Термодинамическая устойчивость атмосферы.
4. Солнечная постоянная и инсоляция. Радиационный баланс подстилающей поверхности и системы «Земля-атмосфера».
5. Уравнение баланса водяного пара в атмосфере.
6. Силы, действующие в атмосфере. Уравнение движения в общем виде.
7. Геострофический и термический ветер. Общие черты атмосферной циркуляции в тропиках и в умеренных широтах.
8. Характеристика основных климатических зон Земли.
9. Влияние орографии на процесс образования осадков. Барьерный эффект.
10. Основные черты распределения компонент радиационного баланса и температуры в горах.
11. Метеорологические факторы формирования поля аккумуляции на горных ледниках.
12. Тепловой баланс поверхности горного ледника.

13. Физические механизмы вариации основных компонент баланса массы в основных горно-ледниковых районах планеты.
14. Изменения климата в горных районах и методы его оценок.
15. Источники данных об изменениях климата в прошлом в горных районах.
16. Сценарные прогнозы ИРСС будущих изменений климата в горных районах

Литература

Основная

Барри Р. Г. Погода и климат в горах 1984

Дополнительная

Barry R. G. Mountain Weather and Climate (Cambridge University Press, London, 2008).

Oerlemans J., The microclimate of Valley Glaciers. // Switzerland, 2009.

Горная гидрология

Водные объекты горных территорий. Водный режим горных рек и озер, условия формирования стока воды горных рек. Гидрологические характеристики. Влияние абсолютной высоты местности на элементы водного баланса горных водосборов. Опасные гидрологические процессы в горных районах. Источники питания горных рек, роль различных источников в формировании стока в высокогорной, среднегорной, предгорной и равнинной зоне.

Наблюдения за режимом уровней воды горных рек. Организация промерных работ. Измерение скорости и направления течений и определение расхода воды. Особенности определения расходов воды и учета стока горных рек. Измерения и расчет стока влекомых и взвешенных наносов

Особенности статистического анализа временных колебаний стока. Цикличность многолетних колебаний стока воды рек, тренды. Эмпирическая и аналитическая функции распределения ежегодных вероятностей превышения расходов и уровней воды. Параметры функции распределения вероятностей и методы их определения, погрешности оценивания параметров. Источники информации о речном стоке и требования к исходному ряду наблюдений; способы изучения и улучшения ряда.

Стандартные расчеты стока при наличии данных гидрометрических наблюдений и последовательность их выполнения. Особые случаи в стандартных расчетах стока горных по гидрометрическим данным: случаи фазовой и стационарной неоднородности рядов, выдающиеся значения речного стока во временном ряду. Приведение параметров функции распределения вероятностей к многолетнему периоду. Внутригодовое распределение стока воды горных рек и его расчет.

Географо-гидрологический метод в расчетах речного стока. Основные принципы и методики расчета годового и максимального стока горных рек при отсутствии гидрометрических данных. Внутригодовое распределение стока воды горных рек и его расчет.

Литература

Основная

1. Михайлов В.Н., Добролюбов С.А. Гидрология. М.: Берлин : Директ-Медиа, 2017. – 752 с.
2. Голубев Г.Н. Гидрология ледников Л.: Гидрометеиздат. 1976. — 248 с.
3. Евстигнеев В.М., Магрицкий Д.В. Речной сток и гидрологические расчеты. Курс лекций: учебное пособие. М.: Триумф, 2018. 272 с.

Дополнительная

1. Голубцов В.В. Моделирование стока горных рек в условиях ограниченной информации. Алматы, 2010. 232 с.
2. Закономерности гидрологических процессов / под ред. Н.И.Алексеевского. М.: ГЕОС, 2012. 736 с.

3. Руководство по гидрологическим прогнозам. Вып. 1, Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. Л.: Гидрометиздат, 1989. – 358 с.
4. Руководство по гидрологическим прогнозам. Вып. 2, Краткосрочный прогноз расхода уровня воды на реках. – Л.: Гидрометиздат, 1989. – 249 с.
5. Слабожанин Г.Д. Гидрометрия. Учебное пособие по гидрологии /Слабожанин Г.Д.: Томск: Изд-во Томск. Гос. архит.-строит. ун-та, 2014. – 58 с.
6. Христофоров А.В., Юмина Н.М. Теория Вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие. М.: АПР, 2017. 151 с.

Искусственное оснежение

Актуальность постановки вопроса о развитии систем искусственного оснежения. Современные климатические изменения и снежный покров, как индикатор. Международные организации, контролирующие климатические изменения. Современные средства мониторинга, наблюдаемые параметры, базы данных.

Динамика осадков высокогорных регионов. Изменчивость снежности зим в последние десятилетия в мире и по регионам. Колебания снежной границы. Начало и конец периода устойчивого залегания снежного покрова. Актуальность вопроса о развитии искусственных систем оснежения территорий. Экономическое, социальное и культурное значение снежного периода для человека. Спорт. Катастрофические явления, риски.

Исторические аспекты, мировые бренды. История развития вопроса «Искусственный снег». Компании и мировые бренды. Направления развития, востребованность, региональные особенности. Экономические показатели. Работа систем ИО в России. Всесезонные центры.

Физические основы снегообразования. Температура – решающий параметр при формировании снега. Влажность абсолютная и относительная. Пересыщенный пар. Точка росы. Методы контроля. Центры кристаллизации, аэрозоли, snowmax. Метеорологические параметры и их значение в снегообразовании. Высота над уровнем моря, градиент температур. Влияние экспозиции склона и рельефа. Значимость геотермического потока. Метаморфизм (изменчивость во времени) снега. Дренаж склонов. Вода, базис производства снега. Естественный снег, форма снежинок. Метаморфизм.

Источники воды для искусственного оснежения. Река, Озеро, Магистральный водопровод, Искусственный водоём. Подготовка воды. Транспортировка, Охлаждение, Очистка, Химический состав. Воздух, базис производства снега. Транспортировка, Охлаждение, Давление, Адиабатический эффект, Роза ветров.

Технические компоненты системы (агрегаты). Снежные пушки, Снежные ружья, Форсунки, Насосы, Компрессоры, Трубопроводы, Станции охлаждения.

Системы автоматики и мониторинга. Требования к снежному покрову. Методы контроля снежной толщи. Параметры и приборы измерения. Автоматические системы управления системами оснежения. Энергетические затраты. Примеры подсчета энергетических и финансовых затрат при разработке проектов и при эксплуатации единичных агрегатов и комплексов в целом.

Весенние процессы. Разрушение снежного покрова. Метаморфизм горизонтов снега по профилю. Кристаллическое строение горизонтов во времени. Влажность. Роль дождей и талой воды. Погодные аномалии, роль экспозиции склона, растительности. Хранение снега. Различные схемы хранения снега в летний период. Укрывной материал. Термический режим. Опыт применения на различных курортах.

Техника безопасности при проведении работ.

Литература

Основная

1. Войтковский К.Ф. Механические свойства снега. — М.: Наука. 1977. — 126 с.
2. Проблемы инженерной гляциологии, Новосибирск, Наука, 1986, 221 с.

3. Котляков В.М. Снежный покров и ледники Земли (Избранные сочинения, книга 2). — М.: Наука, 2004. — 448 с.
4. Фирц Ш., Армстронг Р.Л., Дюран И., Этхеви П., Грин И., МакКланг Д.М., Нишимура К., Сатьявали П.К., Сократов С.А. Международная классификация для сезонно-выпадающего снега (руководство к описанию снежной толщи и снежного покрова) Русское издание (Материалы гляциологических исследований, 2012–2). — М.: ИГ РАН, Гляциологическая ассоциация, 2012. — 80 с.
5. Шумский П.А. Основы структурного ледоведения. — М., Изд-во АН СССР, 1955, 492 с.
6. Barry R.G., Gan T.Y. The Global Cryosphere. Past, Present, and Future. — Cambridge University Press, 2011. — 498 p.

Дополнительная

1. Атлас снежно-ледовых ресурсов мира, т. II, 2 книга. — М.: ИГ РАН, 1997. — 270 с.
2. Грей Д.М., Мэйл Д.Х. (ред.) (1986) Снег. Справочник. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. (Gray, D.M. & Male, D.M. (Eds.) (2004, reprinted from 1981) Handbook of Snow: Principles, Processes, Management and Use. The Blackburn Press, Caldwell, NJ, USA.)
3. Инженерная гляциология. — М.: Изд-во Моск. Ун-та. 1971. — 208 с.
4. Рихтер Г.Д. (1945) Снежный покров, его формирование и свойства (Академия наук Союза ССР, Научно-популярная серия). — М.-Л.: АН СССР, 1945. — 120 с.
5. Рихтер Г.Д. (1948) Роль снежного покрова в физико-географическом процессе. (Труды института географии, Вып. XL). — М.-Л.: АН СССР, 1948. — 171 с.
6. Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers (Encyclopedia of Earth Sciences Series). / Singh V.P., Singh P., Haritashya U.K. (Eds.) — Springer, 2011. — xlvii+1253 pp.
7. Snow and Climate: Physical Processes, Surface Energy Exchange and Modeling. / Armstrong R.L., Brun E. (Eds.) — Cambridge University Press, 2008. — 256 p.
8. Snow Ecology: an Interdisciplinary Examination of Snow-Covered Ecosystems. / Jones H.G., Pomeroy J.W., Walker D.A., Hoham R. (Eds.) — Cambridge University Press, 2001. — 400 pp.
9. SnowExperts Magazine TechnoAlpin AG