

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Географический факультет**

УТВЕРЖДАЮ
Декан географического факультета,
академик РАН Добролюбов С.А.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физика и география подземного оледенения**

Уровень высшего образования:
магистратура

Направление подготовки:
05.04.02 «География»

Направленность (профиль) ОПОП:
«Криолитология и гляциология»

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией географического факультета
(протокол № 21, дата 30 сентября 2023 г.)

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «География»(программы бакалавриата, магистратуры, реализуемым последовательно по схеме интегрированной подготовки).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова (приказ по МГУ № 1383 от 30 декабря 2020 года).

Год (годы) приема на обучение: 2021

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована без разрешения факультета.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП — относится к вариативной части ОПОП, дисциплина по выбору на английском языке. «Физика и география подземного оледенения» является основополагающим звеном в освоении теории и методов криолитологии и гляциологии и других разделов учения о криосфере Земли. Подземное льдообразование, генетические типы, условия и механизмы, палеогеография подземного льдообразования являются ключевыми в развитии, следовательно, и в понимании абсолютно всех макро- и микропроцессов и явлений в формировании пространственно-временной структуры криолитосферы и всей криосферы Земли. Ключевыми в познании законов подземного оледенения являются методы структурно-генетического анализа, а также геохимические методы исследований льда.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по Геоморфологии с основами геологии, Климатологии с основами метеорологии, Введение в физическую географию с основами землеведения, Ландшафтоведения, Физической географии России, Географического районирования, Общей палеогеографии, Грунтоведения, Основам мерзлотоведения и гляциологии, Основам криогенеза, Криолитологии, Мерзлотоведения, Физики и механики мерзлых пород и льдов, Новейших отложений севера, Английского языка.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
<p>МПК-1.М (<i>формируется частично</i>) владение знаниями о закономерностях эволюции криосферы во времени и пространстве, способность анализировать и сопоставлять данные, полученные с помощью различных методов исследований для краткосрочного и долгосрочного прогнозов, палеореконструкций.</p> <p>МПК-2.М владение полевыми, дистанционными и аналитическими</p>	<p>Применяет теоретические концепции физики льдообразования и географии подземного оледенения в научной и практической деятельности</p>	<p>Знать: физические основы процесса кристаллизации воды и факторы формирования структурных характеристик льда. Методы изучения петрографии льда и криолитологического строения вмещающих отложений. Механизм и мерзлотно-фациальные условия формирования генетических типов подземного льда. Методы изотопно-геохимических исследований подземных льдов. Законы географии, зонально-климатической и пространственно-временной дифференциации подземного оледенения.</p> <p>Уметь: организовать и провести изучение подземных льдов методами структурно-генетического, петрографического и изотопно-геохимического анализа подземных льдов; критически анализировать результаты современных работ, затрагивающих генезис подземных льдов.</p>

<p>методами изучения мерзлотных и гляциальных процессов, способность применять навыки в использовании геоинформационных технологий для оценки состояния и прогноза развития гляциальных и криогенных систем.</p> <p>МПК-3.М способность проводить квалифицированные мерзлотно-экологические оценки северных территорий, организовывать изыскания и проводить и мониторинг геотехнических систем в криолитозоне и горах.</p>		<p>Владеть: теорией и практикой структурно-генетического, петрографического и изотопно-геохимического анализа подземных льдов, методами полевого и камерального анализа материалов исследований подземных льдов.</p>
---	--	---

4. Объем дисциплины (модуля) 3 з.е., в том числе 42 академических час на контактную работу обучающихся с преподавателем, 66 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>					Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Всего
Тема 1. Введение	3	1	2			3			
Тема 2.	6	1	2			3	2		3
Тема 3.	6	1	2			3	2		3
Тема 4.	9	2	2			4	4		5
Текущая аттестация № 1: тест	1		1			1			
Тема 5.	7	1	2			3	2		4
Тема 6.	10	2	2			4	6		6
Текущая аттестация №2. Доклад с презентацией	2		2			2			
Тема 7.	8	2	2			4	3		4
Тема 8.	9	2	3			5	3		4
Тема 9.	7	2	2			4	3		3
Тема 10.	6	1	2			3	3		3

Тема 11.	6	1	2			3	3		3	
Промежуточная аттестация экзамен	28	<i>Устный экзамен</i>					28			
Итого	108	42					66			

Содержание лекций, семинаров

Раздел 1.

Тема 1. 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.

Задания для самостоятельной работы.

Проанализировать литературу по теме.

Тема 2. Структура поверхностных льдов. Формирование кристаллической структуры конжеляционных 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.

Раздел 2.

Тема 3. Метаморфизм природных льдов. Общие закономерности динамометаморфизма льда. Структурные изменения в ходе деформации льда. Влияние примесей на структурные изменения в ходе деформации льда.

Задания для самостоятельной работы.

Проанализировать литературу по теме.

Тема 4. Структура ледникового льда. Базальный ледниковый лёд. Структурные особенности глетчерных льдов. Структура льда покровных и горных ледников. Базальный ледниковый лёд: природные условия и механизмы формирования.

Задания для самостоятельной работы.

Проанализировать литературу по теме.

Раздел 3.

Тема 5. Структурно-генетический метод исследования природных льдов. Описание структуры льда. Обработка петрографических данных. Анализ и интерпретация структурных данных.

Задания для самостоятельной работы.

Проанализировать литературу по теме.

Тема 6. 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.

Задания для самостоятельной работы.

Проанализировать литературу по теме.

Тема 7. 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.

Задания для самостоятельной работы.

Проанализировать литературу по теме.

Раздел 5.

Тема 8. 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.

Задания для самостоятельной работы.

Проанализировать литературу по теме.

Тема 9. Инъекционные, сегрегационные пластовые льды. Инъекционные пластовые льды. Сегрегационные и сегрегационно-инъекционные пластовые льды. Структурные критерии определения изначального внутригрунтового происхождения пластовых льдов.

Задания для самостоятельной работы.

Проанализировать литературу по теме.

Раздел 6.

Тема 10. Пространственно-временная структура подземного оледенения. Систематика подземных ледяных горных пород. Подземные льды и криосфера. Подземные льды и криолитолиз. 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.

Задания для самостоятельной работы.

Проанализировать литературу по теме.

Раздел 7.

Тема 11. Подземные льды и геоэкология криолитозоны. Геоэкология Арктики и подземный лёд. Факторы дестабилизации геосистем криолитозоны. Геоэкологический прогноз эволюции геосистем криолитозоны.

Задания для самостоятельной работы.

Проанализировать литературу по теме.

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):

Примерный список заданий для проведения текущей и промежуточной аттестации (темы для докладов, рефератов, презентаций и др. – по видам заданий)

Темы докладов (разделы 1, 2, 4, 5):

1. Строение природных конжеляционных льдов.
2. Исследование динамометаморфизма льда по данным глубокого бурения покровных ледников.
3. Теории формирования структуры полигонально-жильных льдов и криогенного строения вмещающих их отложений.
4. Условия захоронения глетчерных льдов.
5. Пластовые льды Новосибирских островов. Основные гипотезы формирования.
6. Зональность распространения подземных льдов в криолитозоне России.
7. Ледовый комплекс: распространение, теории формирования, строение льда.
8. Пластовые льды долины р. Сеяха, Западный Ямал: следы покровного оледенения или результат промерзания морских отложений?
9. Пластовые льды урочища Шпиндлер, Югорский п-ов: инъекционный или ледниковый лёд?

Перечень вопросов для устного опроса по темам (разделы 1-7):

1. Каковы следствия анизотропии свойств кристалла льда?
2. Назовите стадии роста конжеляционного льда природного водоёма.
3. Как влияет солёность воды на процесс льдообразования и строение льда?
4. Какие механизмы внутригрунтового льдообразования участвуют в формировании базального ледникового льда?
5. Ваша цель – провести полевые исследования синкриогенных полигонально-жильных льдов с целью изучения их структуры и истории формирования. Расскажите, как Вы будете готовиться к полевым работам, какие методы будете применять в полевых исследованиях и при камеральной обработке полученного материала.
6. Какие типы льдов – пластовые или синкриогенные полигонально-жильные – преобладают на приморских низменностях Северной Якутии?

7. Укажите максимальную вертикальную мощность отложений ледового комплекса.
8. Объясните формирование деформаций в пластовых льдах в рамках инъекционного механизма льдообразования.
9. Охарактеризуйте пространственные закономерности распространения различных типов подземных льдов в пределах криолитозоны России.
10. Расскажите, когда и почему сформировался так называемый «защитный слой». В чём заключается его защитная роль? Приведите примеры активизации деструктивных процессов в результате нарушения защитного слоя.

Вопросы к текущей аттестации:

11. Базальный ледниковый лёд сложен преимущественно метаморфизованным атмосферным льдом или внутригрутовым льдом?
12. Расскажите суть гипотез фронтального роста полигонально-жильных льдов.
13. Какие признаки в условиях залегания пластовых льдов могут свидетельствовать об их погребении?
14. Прокомментируйте различия легенд недавних гос. геологических карт на территорию п-ова Ямал.

Зачет ставится при условии сданного и защищенного реферата, правильных ответов на устные опросы по темам и вопросы текущей аттестации.

Билеты для промежуточной аттестации

Билет 1. 1) Важнейшие свойства воды и льда.
2) Сегрегационные льды

Билет 2. 1) Зарождение и рост кристаллов льда
2) Инъекционные льды

Билет 3. 1) Структурообразующая роль температурного фактора
2) Методы структурно-генетического анализа подземных льдов

Билет 4. 1) Структурообразующая роль формы и объема кристаллизующейся воды
2) Эпикриогенные жильные льды

Билет 5. 1) Структурообразующая роль твердой стенки
2) Синкриогенные жильные льды

Билет 6. 1) Структурообразующая роль примесей в кристаллизующейся воде

2) Мертвые льды современных ледников

Билет 7. 1) Миграция связанной воды в промерзающих и мерзлых грунтах

2) Критерии погребенного глетчерного происхождения пластовых льдов

Билет 8. 1) Динамометаморфизм льда

2) Закономерности консервации глетчерных льдов в криолитозоне

Билет 9. 1) Микромеханизмы деформации льда

2) География пластовых льдов

Билет 10. 1) Переохлажденная вода, зарождение и рост кристаллов льда

2) Структурные признаки элементарных жилок и метаморфизма жильных льдов

Примерный перечень вопросов для экзамена

1. Важнейшие свойства воды и льда
2. Сегрегационные льды
3. Подземные льды и криосфера
4. Зарождение и рост кристаллов льда
5. Инъекционные льды
6. Подземные льды и криолитогенез
7. Структурообразующая роль температурного фактора
8. Методы структурно-генетического анализа подземных льдов
9. Подземные льды как горная порода
10. Структурообразующая роль формы и объема кристаллизующейся воды
11. Эпигенетические жильные льды
12. Ярусность подземного оледенения
13. Структурообразующая роль твердой стенки
14. Сингенетические жильные льды
15. Зональность подземных льдов
16. Структурообразующая роль примесей в кристаллизующейся воде
17. Мертвые льды современных ледников

18. Мегаформации подземного оледенения
19. Миграция связанной воды в промерзающих и мерзлых грунтах
20. Важнейшие критерии погребенного глетчерного происхождения пластовых льдов
21. Палеогеография подземного оледенения
22. Динамометаморфизм льда
23. Закономерности консервации глетчерных льдов в криолитозоне
24. Геоэкология подземного оледенения
25. Микромеханизмы деформации льда
26. География пластовых льдов
27. Принципы пространственно-временной структуры подземного оледенения
28. Переохлажденная вода, зарождение и рост кристаллов льда
29. Структурные признаки элементарных жилок и метаморфизма жильных льдов
30. Место подземного оледенения в криолитозоне

Шкала и критерии оценивания

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – экзамен (устный).

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Знания (виды оценочных средств: устный опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

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. Рогов В.В. Основы криогенеза (учебно-методическое пособие). Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2009, 203 с.
3. Голубев В.Н. Структурное ледоведение. Теоретические основы конжеляционного льдообразования. Учебное пособие. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. – 104 с.
4. Голубев В.Н. Структурное ледоведение. Строение конжеляционных льдов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 2000. – 88 с.
5. Романовский Н.Н. Основы криогенеза литосферы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993 334 с.

Дополнительная литература:

1. Шумский П.А. Основы структурного ледоведения. Изд. АН СССР. 1955.
2. Попов А.И. Мерзлотные явления в земной коре (криолитология). Изд МГУ. 1967.
3. Котляков В.М. Гляциологический словарь. Л., ГИМИЗ, 1984, 527 с.
4. Баду Ю.Б. Криолитология (учебное пособие). - М., КДУ, 2010. 528 с.
5. Баулин В.В., Дубиков Г.И., Аксенов В.Л., Корейши М.М., Познанина В.Л., Мурзаевой В.Э., Ривкина Ф.М. Геокриологический словарь. М.: ГЕОС, 2003. 139 с.
6. Schirmer L., Froese D., Tumskey V., Grosse G. and Wetterich S. (2013) Yedoma: Late Pleistocene Ice-Rich Syngenetic Permafrost of Beringia. In: Elias S.A. (ed.) The Encyclopedia of Quaternary Science, vol. 3, pp. 542-552. Amsterdam: Elsevier.
<https://www.researchgate.net/publication/285886561>
7. Васильчук Ю.К. Изотопные методы в географии. Часть 2. Геохимия стабильных изотопов пластовых льдов. Том 1. В 2-х томах. — М.: Издательство Московского университета, 2012. — 472 с.
8. Конищев В.Н. Природа циклического строения ледового комплекса Восточной Сибири // Криосфера Земли, 2013, т. XVII, № 1, с. 3–16. <http://izdatgeo.ru/pdf/krio/2013-1/3.pdf>
9. Тумской В.Е. Особенности криолитогенеза отложений Северной Якутии в среднем неоплейстоцене – голоцене // Криосфера Земли. 2012. Т. XVI. № 1. С. 12–21. <http://izdatgeo.ru/pdf/krio/2012-1/12.pdf>
10. Тихонравова Я.В., Слагода Е.А., Рогов В.В., Галева Э.И., Курчатов В.В. Текстура и структура подземных льдов позднего голоцена севера Западной Сибири. Лёд и Снег. 2017;57(4):553-564. <https://doi.org/10.15356/2076-6734-2017-4-553-564>

- Перечень лицензионного программного обеспечения
- Геоинформационный программный продукт ArcGIS

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
 - реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com
 - поисковая система научной информации www.scopus.com
 - электронная база научных публикаций www.webofscience.com
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
 - Научная Электронная Библиотека - <http://www.e-library.ru>
 - Сайт кафедры криолитологии и гляциологии <http://www.geogr.msu.ru/cafedra/crio/uchd/plan/>
 - Сайт журнала «Криосфера Земли»
<http://www.izdatgeo.ru/index.php?action=journal&id=2>
 - Сайт журнала «Permafrost and Periglacial Processes»
https://www.researchgate.net/journal/1099-1530_Permafrost_and_Periglacial_Processes
 - Сайт журнала «Arctic Antarctic and Alpine Research»
https://www.researchgate.net/journal/1523-0430_Arctic_Antarctic_and_Alpine_Research
 - сайт журнала The Cryosphere
<http://www.the-cryosphere.net/index.html>
 - сайт журнала «Лёд и Снег»
<http://ice-snow.igras.ru/jour/issue/archive>
 - van Everdingen, Robert, ed. 1998 revised May 2005. Multi-language glossary of permafrost 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/>
- Описание материально-технической базы
 - Учебная аудитория с мультимедийным проектором
 - Холодная комната (НИЛ снежных лавин и селей) для практического занятия по изучению структуры конжеляционных льдов в поляризованном свете.

9. Язык преподавания: английский

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственная за курс — Белова Наталия Геннадиевна

11. Разработчики программы: Белова Наталия Геннадиевна, н.с. кафедры криолитологии и гляциологии