

ПРИНЯТО

Ученым советом Института  
географии РАН

Протокол № 5

«17» мая 2022

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института географии РАН  
чл.-корр. РАН О.Н. Соломина

«17» мая 2022



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

*Гляциология и криология Земли*

Направленность (профиль): 1.6.8 «Гляциология и криология Земли»

Форма обучения: очная

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

## **Аннотация**

Дисциплина «Гляциология и криология Земли» является обязательной, относится к вариативной части подготовки аспирантов в институте и направлена на формирование универсальных компетенций (УК), общепрофессиональных компетенций (ОПК) и профессиональных компетенций (ПК) (см. модули компетенций в приложении 1).

Содержание дисциплины охватывает все разделы гляциологии: общие свойства снега и льда, ледники и ледниковые системы мира, взаимодействие оледенения, климата, рельефа и океана, морские и пресноводные льды, многолетнемёрзлые породы и криолитогенез, особенности древнего оледенения, значение снега и льда в жизни людей, особенности формирования снежного покрова в горах и на равнинах, особенности формирования ледникового стока, снежные лавины и их классификация, причины возникновения, питание и расход льда ледников, региональные и локальные особенности баланса массы ледников, пространственная и временная изменчивость зон льдообразования на ледниках, методы определения содержания воды в ледниках, катастрофические процессы в гляциальной зоне.

Преподавание дисциплины предусматривает лекции, практические занятия и самостоятельную работу, которой в общем объеме трудозатрат отводится наибольшее количество времени. Текущий контроль осуществляется в форме тестовых заданий и рефератов, промежуточный контроль в виде зачета и окончательный в виде кандидатского экзамена.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 з.е. - 288 часов, из них на лекции отводится 36 часов, на практические занятия 72 часа и на самостоятельную работу 180 часов.

### **1. Требования к дисциплине**

Дисциплина «Гляциология и криология Земли» при подготовке аспирантов формирует следующие основные компетенции:

*Универсальные* – УК-1 - способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях.

*Общепрофессиональные* – ОПК-1 - способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

*Профессиональные* – ПК-1 – владение концепцией реакции криосферы на изменение климата и усиление техногенных нагрузок; ПК-2 – способность

самостоятельно оценивать пространственную и временную дифференциацию гляциальных и мерзлотных условий в разных регионах мира;

ПК-3 – готовность решать теоретические и прикладные задачи при оценке влияния гляциальных и мерзлотных условий на надежность объектов в Арктике и высокогорье.

Процесс изучения дисциплины направлен на получение базовых знаний по различным разделам геоэкологии, определяющих профессиональные компетенции, умения и навыки, которые можно сгруппировать в следующие основные разделы:

#### **Знания:**

- ✓ основных закономерностей, факторов, условий формирования и эволюционного развития природных льдов, их географического распространения и параметров, масштабов различных нивально-гляциальных процессов, обусловленных деятельностью снега и льда; базовых дисциплин, которые раскрывают природные законы; методов гляциологических исследований для проведения научно-исследовательской работы;
- ✓ основ математического анализа; механики, физики почв, особенностей экзогенных процессов в криолитозоне, основ физики и механики мерзлых грунтов и льдов, инженерного мерзлотоведения и гляциологии;
- ✓ основных закономерностей, факторов, условий формирования и эволюционного развития природных льдов и вечномерзлых пород, их географического распространения и параметров;

#### **Умения:**

- ✓ применять основные закономерности реакции криосферы на изменение климата;
- ✓ применять основные закономерности криогенеза при изучении свойств грунтов, их генезиса и условий происхождения;
- ✓ применять знания об основных закономерностях условий формирования и эволюционного развития природных льдов и вечномерзлых пород;

#### **Владение:**

- ✓ научной терминологией; методами проведения лабораторных измерений и статистической обработки результатов;
- ✓ навыками анализа данных строения, состава и свойств криогенных грунтов;
- ✓ различными методами, технологиями и типами коммуникаций при осуществлении научной деятельности в формировании и эволюционном развитии природных льдов и вечномерзлых пород.

### **2. Цели и задачи дисциплины. Формируемые компетенции**

**Цель** – освоение современной парадигмы гляциологии и криологии Земли, приобретение фундаментальных знаний, позволяющих ориентироваться в различных областях науки.

#### **Задачи:**

- ✓ Изучить разделы гляциологии и криологии Земли, определяющие пути развития науки в целом;

- ✓ Изучить общие свойства снега и льда, ледники и ледниковые системы мира;
- ✓ Изучить механизмы взаимодействия оледенения, климата, рельефа и океана;
- ✓ Изучить морские и пресноводные льды, многолетнемёрзлые породы и криолитогенез, особенности древнего оледенения, значение снега и льда в жизни людей;
- ✓ Изучить особенности формирования снежного покрова в горах и на равнинах, особенности формирования ледникового стока, снежные лавины и их классификацию;
- ✓ Изучить причины возникновения, питание и расход льда ледников, региональные и локальные особенности баланса массы ледников, пространственную и временную изменчивость зон льдообразования на ледниках;
- ✓ Овладеть методами определения содержания воды в ледниках;
- ✓ Изучить катастрофические процессы в гляциальной зоне.

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

**Знать:**

- ✓ основные проблемы реакции криосферы на изменение климата и усиление техногенных нагрузок;
- ✓ основные концепции гляциальных и мерзлотных условий;
- ✓ основные закономерности условий формирования и эволюционного развития природных льдов и вечномерзлых пород;

**Уметь:**

- ✓ обобщать и критически анализировать научно-техническую информацию в области гляциологических проблем и методов; обобщать и критически анализировать научно-техническую информацию в области методов решения гляциологических задач;
- ✓ решать типичные задачи на основе моделирования гляциальных и мерзлотных условий;
- ✓ решать типичные задачи об условиях формирования и эволюционного развития природных льдов и вечномерзлых пород;

**Владеть:**

- ✓ навыками сбора и анализа информации, необходимой для анализа состояния объектов криосферы критической оценки различных путей решения проблем гляциологии, методов решения гляциологических задач;
- ✓ современными методами гляциологических и геокриологических исследований, информационными технологиями в области гляциологии и криолитологии;
- ✓ различными методами, технологиями и типами коммуникаций при осуществлении научной деятельности в формировании и эволюционном развитии природных льдов и вечномерзлых пород.

### 3. Содержание дисциплины

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ и времени выполнения

Виды учебной работы	Трудоемкость			
	Зач. Ед.	Часы	По годам/семестрам	
			1/2	2-4/3-7
Общая трудоемкость	8	288	108	180
Аудиторные занятия:		108	108	
Лекции	1,3	44	44	
Практические занятия	0,3	12	12	
Самостоятельная работа (СРС)	6,4	232	88	144
В том числе:				
Консультации	0,5	18	10	8
Реферат	2,4	88	52	36
Самоподготовка	3	108	16	92
Подготовка к зачету	0,5	18	10	8
Вид итогового контроля				Зачет 2/4
				Канд. экзамен 4/7

### 4. Структура и содержание дисциплины

#### 4.1. Структура дисциплины

Таблица 2. Тематический план и трудоемкость модулей

№ п/п	Раздел дисциплины, модули	Всего часов на модуль	В том числе, часов			Форма контроля
			Лек- ции	Прак- тиче- ские	СРС	
1	Общие свойства снега и льда. Ледники и ледниковые	11	3	8		Зачет,

	системы мира					экзамен
2	Взаимодействие оледенения, климата, рельефа и океана. Морские и пресноводные льды	7	3	4		Зачет, экзамен
3	Многолетнемёрзлые породы и криолитогенез. Особенности древнего оледенения	36	3		33	Зачет, экзамен
4	Значение снега и льда в жизни людей. Особенности формирования снежного покрова в горах и на равнинах. Особенности формирования ледникового стока	40	6		34	Зачет, экзамен
5	Снежные лавины и их классификация, причины возникновения. Питание и расход льда ледников	41	7		34	Зачет, экзамен
6	Региональные и локальные особенности баланса массы ледников	35	4		31	Зачет, экзамен
7	Пространственная и временная изменчивость зон льдообразования на ледниках	37	3		34	Зачет, экзамен
8	Методы определения содержания воды в ледниках	40	7		33	Зачет, экзамен
9	Катастрофические процессы в гляциальной зоне	41	8		33	Зачет, экзамен

## 4.2 Содержание модулей дисциплины

**Модуль 1. Общие свойства снега и льда. Ледники и ледниковые системы мира.** Условия образования и виды твердых атмосферных осадков. Влияние температуры на формирование кристаллов снега. Классификация твердых осадков. Формирование и свойства снежного покрова. Процессы метаморфизма снега диагенез и диафторез, его фирнизация. Классификация снега и фирна. Лед

как минерал и как горная порода. Кристаллическое строение льда, типы ледяных кристаллов, модификации льда. Физико-механические, оптические, акустические, электрические и другие свойства льда. Режеляционный, конжеляционный, инфильтрационный лед. Метаморфизм льда и его отражение в строении ледяной породы. Понятие «ледник». Отличие ледника от многолетнего снежника. Запасы льда в ледниках Земли и их вклад в изменение уровня моря. Ледниковые системы. Поля характеристик ледниковых систем. Их использование в гидрометеорологических расчетах.

**Модуль 2. Взаимодействие оледенения, климата, рельефа и океана. Морские и пресноводные льды.** Климатические условия существования ледников и формирование баланса массы. Колебания ледников. Орографический фактор оледенения. Влияние на климат покровных и горных ледников. Взаимодействие оледенения, атмосферы и океана в условиях изменяющегося климата.

**Модуль 3. Многолетнемерзлые породы и криолитогенез.** Особенности древнего оледенения. Общие закономерности возникновения и развития мерзлых толщ. Состав, криогенное строение и свойства мерзлых толщ. Многолетнемерзлые породы как часть природной среды. Криолитогенез. Региональные закономерности мерзлотных условий на территории России. Основные типы подземных льдов, их классификация. Механизм образования, особенности строения и состава, запасы подземных льдов. Криогенное строение горных пород.

**Модуль 4. Значение снега и льда в жизни людей. Особенности формирования снежного покрова в горах и на равнинах. Особенности формирования ледникового стока.** Снег и лед как природный ресурс. Экологические проблемы охраны снежно-ледовых ресурсов. Проблемы управления снежно-ледовыми процессами. Рекреационное освоение нивально-гляциальной зоны. Глобальные, региональные и локальные особенности пространственного распределения снежного покрова. Снежный покров на равнинах. Типы зим по характеру снежности. Влияние форм циркуляции атмосферы на колебания снежности. Снежный покров в горах. Изменение выпадающих твердых осадков и массы снега с высотой. Влияние расчлененности рельефа, ориентации и крутизны склонов на снегонакопление. Влияние снега на формирование речного стока, рельеф и растительность. Методы измерения снегозапасов и структуры снежной толщи.

**Модуль 5. Снежные лавины и их классификация, причины возникновения. Питание и расход льда ледников.** Определение, причины возникновения, классификация лавин. Распространение лавин. Методы наблюдения. Картографирование лавин. Рельефообразующая и гидрологическая роль лавин. Лавинная опасность территории. Методы защиты и прогнозирования. Процессы аккумуляции на ледниках. Основные источники питания: атмосферные осадки, метелевый перенос, сход лавин. Особенности питания горных и покровных ледников. Коэффициент концентрации. Радиационный и тепловой баланс поверхности ледника. Факторы, определяющие величины составляющих радиационного баланса и характеристик турбулентного обмена. Уравнение теплового баланса тающей поверхности ледника. Абляция ледника. Тепловая и механическая абляция. Айсберги. Способы измерения и расчета аккумуляции и абляции на ледниках.

**Модуль 6. Региональные и локальные особенности баланса массы ледников.** Составляющие баланса массы ледников. Основные понятия и терминология. Уравнения баланса массы. Удельный и полный баланс. Изменения баланса массы ледников во времени, периодичность этих изменений. Региональные и локальные особенности баланса массы ледников. Вертикальные градиенты аккумуляции и абляции. Понятие «энергии оледенения», изменчивость этого показателя в разных географических условиях.

**Модуль 7. Пространственная и временная изменчивость зон льдообразования на ледниках.** Зоны льдообразования. Развитие представлений о гляциологических зонах, система зон, предложенная П.А. Шумским. Наборы зон льдообразования. Пространственная и временная изменчивость. Движение льда в ледниках. Основные типы движения льда. Ламинарное движение и глыбовое скольжение. Уравнения, описывающие движение льда. Скорости движения ледников, горизонтальная и вертикальная составляющие. Поле скоростей на леднике. Метод определения поля скоростей ледников по данным спутниковой радиолокационной интерферометрии.

**Модуль 8. Методы определения содержания воды в ледниках.** Воды на поверхности, внутри и под ледниками. Сезонное колебание количества воды в ледниках. Дренажные системы. Инфильтрация воды в фирн. Внутреннее питание ледников, способы его измерения и расчета. Ледниковый сток и его роль в режиме рек. Внутригодовая изменчивость. Типы колебаний ледникового стока. Содержание воды в ледниках (в холодных, теплых и двухслойных), методы определения. Внешние и внутренние источники тепла в ледниках. Влияние движения льда на перенос тепла в леднике, режимы выхолаживания и отепления льда. Тепловой режим у ложа ледников, донное таяние, подледные озера. Озера пресной воды под ледниковыми щитами: Антарктиды, четвертичными ледниковыми покровами.

**Модуль 9. Катастрофические процессы в гляциальной зоне.** Предмет и задачи палеогляциологии. Причины возникновения и изменения оледенений Земли. Крупнейшие ледниковые периоды в истории Земли. Покровные ледники суши, континентальных шельфов и глубоких морей, и их особенности. Древнее оледенение в горах. Морфологические и литологические признаки. Приледниковые системы стока, гидросферные катастрофы. Возможные механизмы подвижек ледников. Подвижки покровных и горных ледников. Периодичность подвижек ледников. Основные черты ледниковых пульсаций. Роль пульсирующих ледников в формировании катастрофических селей. Методы наземных и дистанционных наблюдений. Возможности прогноза и снижения их негативного воздействия. Гляциальные сели и водоснежные потоки. Определение, причины возникновения, классификация селей. Распространение гляциальных селей и водоснежных потоков. Ледниково-подпрудные озера и механизм их прорыва. Прорывы моренных озер. Селевая опасность территории. Методы защиты. Расчет и прогноз селевых паводков.

**Таблица 3. Содержание лекционного курса**



№ Модуля, название	Номер и тема лекций	Вид контроля	Кол-во часов
Общие свойства снега и льда. Ледники и ледниковые системы мира	1. Условия образования и виды твердых атмосферных осадков. Влияние температуры на формирование кристаллов снега. Классификация твердых осадков. Формирование и свойства снежного покрова. Процессы метаморфизма снега диагенез и диафторез, его фирнизация. Классификация снега и фирна.	Собеседование	3
Взаимодействие оледенения, климата, рельефа и океана. Морские и пресноводные льды	2. Климатические условия существования ледников и формирование баланса массы. Колебания ледников. Орографический фактор оледенения.	Обсуждение	3
Многолетние разные породы и криолитогенез	3. Особенности древнего оледенения. Общие закономерности возникновения и развития мерзлых толщ. Состав, криогенное строение и свойства мерзлых толщ. Многолетнемерзлые породы как часть природной среды. Криолитогенез.	Обсуждение	3
Значение снега и льда в жизни людей. Особенности формирования снежного покрова в горах и на равнинах. Особенности формирования ледникового стока	4. Снег и лед как природный ресурс. Экологические проблемы охраны снежно-ледовых ресурсов. Проблемы управления снежно-ледовыми процессами. Рекреационное освоение нивально-гляциальной зоны.	Опрос	3
	5. Глобальные, региональные и локальные особенности пространственного распределения снежного покрова. Снежный покров на равнинах. Типы зим по характеру снежности.	Опрос	3
Снежные лавины и их классификация, причины возникновения. Питание и расход льда ледников	6. Определение, причины возникновения, классификация лавин. Распространение лавин. Методы наблюдения. Картографирование лавин. Рельефообразующая и гидрологическая роль лавин. Лавинная опасность территории. Методы защиты и прогнозирования.	Опрос	4
	7. Процессы аккумуляции на ледниках. Основные источники питания: атмосферные осадки, метелевый перенос, сход лавин. Особенности питания горных и покровных ледников. Коэффициент концентрации. Радиационный и тепловой баланс поверхности ледника.	Опрос	3
Региональные и локальные особенности баланса массы ледников	8. Составляющие баланса массы ледников. Основные понятия и терминология. Уравнения баланса массы. Удельный и полный баланс. Изменения баланса массы ледников во времени, периодичность этих изменений.	Опрос	4
Пространственная и временная изменчивость зон льдообразования на ледниках	9. Зоны льдообразования. Развитие представлений о гляциологических зонах, система зон, предложенная П.А. Шумским. Наборы зон льдообразования. Пространственная и временная изменчивость. Движение льда в ледниках.	Опрос	3

Методы определения содержания воды в ледниках	10. Воды на поверхности, внутри и под ледниками. Сезонное колебание количества воды в ледниках. Дренажные системы. Инфильтрация воды в фирн. Внутреннее питание ледников, способы его измерения и расчета.	Опрос	3
	11. Ледниковый сток и его роль в режиме рек. Внутригодовая изменчивость. Типы колебаний ледникового стока. Содержание воды в ледниках (в холодных, теплых и двухслойных), методы определения. Внешние и внутренние источники тепла в ледниках.	Опрос	4
Катастрофические процессы в гляциальной зоне	12. Приледниковые системы стока, гидросферные катастрофы. Возможные механизмы подвижек ледников. Подвижки покровных и горных ледников. Периодичность подвижек ледников. Основные черты ледниковых пульсаций. Роль пульсирующих ледников в формировании катастрофических селей.	Опрос	4
	13. Методы наземных и дистанционных наблюдений. Возможности прогноза и снижения их негативного воздействия. Гляциальные сели и водоснежные потоки. Определение, причины возникновения, классификация селей. Распространение гляциальных селей и водоснежных потоков.	Опрос	4
<b>ИТОГО</b>			<b>44</b>

**Таблица 4. Практические занятия**

№ Модуля, название	Номер и тема практического занятия	Вид контроля	Кол-во часов
<b>1. Общие свойства снега и льда. Ледники и ледниковые системы мира</b>	1. Лед как минерал и как горная порода. Кристаллическое строение льда, типы ледяных кристаллов, модификации льда. Физико-механические, оптические, акустические, электрические и другие свойства льда. Режеляционный, конжеляционный, инфильтрационный лед.	Семинар	4
	2. Метаморфизм льда и его отражение в строении ледяной породы. Понятие «ледник». Отличие ледника от многолетнего снежника. Запасы льда в ледниках Земли и их вклад в изменение уровня моря. Ледниковые системы. Поля характеристик ледниковых систем. Их использование в гидрометеорологических расчетах.	Семинар	4
<b>2. Взаимодействие оледенения, климата, рельефа и океана.</b>	3. Влияние на климат покровных и горных ледников. Взаимодействие оледенения, атмосферы и океана в условиях изменяющегося климата.	Семинар	4

<i>Морские и пресноводные льды</i>			
<b>ИТОГО</b>			<b>12</b>

**Таблица 5. Самостоятельное изучение разделов (модулей) дисциплина**

<b>№ Модуля, название</b>	<b>Номер и тема лекций</b>	<b>Кол-во часов</b>
<b>3. Многолетнемёрзлые породы и криолитогенез</b>	Региональные закономерности мерзлотных условий на территории России. Основные типы подземных льдов, их классификация. Механизм образования, особенности строения и состава, запасы подземных льдов. Криогенное строение горных пород.	<b>33</b>
<b>4. Значение снега и льда в жизни людей. Особенности формирования снежного покрова в горах и на равнинах. Особенности формирования ледникового стока</b>	Влияние форм циркуляции атмосферы на колебания снежности. Снежный покров в горах. Изменение выпадающих твердых осадков и массы снега с высотой. Влияние расчлененности рельефа, ориентации и крутизны склонов на снегонакопление. Влияние снега на формирование речного стока, рельеф и растительность. Методы измерения снегозапасов и структуры снежной толщи.	<b>34</b>
<b>5. Снежные лавины и их классификация, причины возникновения. Питание и расход льда ледников</b>	Факторы, определяющие величины составляющих радиационного баланса и характеристик турбулентного обмена. Уравнение теплового баланса тающей поверхности ледника. Абляция ледника. Тепловая и механическая абляция. Айсберги. Способы измерения и расчета аккумуляции и абляции на ледниках.	<b>34</b>
<b>6. Региональные и локальные особенности баланса массы ледников</b>	Региональные и локальные особенности баланса массы ледников. Вертикальные градиенты аккумуляции и абляции. Понятие «энергии оледенения», изменчивость этого показателя в разных географических условиях.	<b>31</b>
<b>7. Пространственная и временная изменчивость зон льдообразования на</b>	Основные типы движения льда. Ламинарное движение и глыбовое скольжение. Уравнения, описывающие движение льда. Скорости движения ледников, горизонтальная и вертикальная составляющие. Поле скоростей на леднике. Метод определения поля скоростей ледников по данным спутниковой радиолокационной интерферометрии.	<b>34</b>

<i>ледниках</i>		
<b>8. Методы определения содержания воды в ледниках</b>	Влияние движения льда на перенос тепла в леднике, режимы выхолаживания и отепления льда. Тепловой режим у ложа ледников, донное таяние, подледные озера. Озера пресной воды под ледниковыми щитами: Антарктиды, четвертичными ледниковыми покровами.	33
<b>9. Катастрофические процессы в гляциальной зоне</b>	Предмет и задачи палеогляциологии. Причины возникновения и изменения оледенений Земли. Крупнейшие ледниковые периоды в истории Земли. Покровные ледники суши, континентальных шельфов и глубоких морей, и их особенности. Древнее оледенение в горах. Морфологические и литологические признаки. Ледниково-подпрудные озера и механизм их прорыва. Прорывы моренных озер. Селевая опасность территории. Методы защиты. Расчет и прогноз селевых паводков.	33
<b>ИТОГО</b>		<b>232</b>