

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

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

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
ВНЕШНИЙ МАССОЭНЕРГОМЕН ЛЕДНИКОВ**

---

**Уровень высшего образования:**  
*бакалавриат*

---

**Направление подготовки:**  
**05.03.02 «География»**

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**«Криолитология и гляциология»**

---

**Форма обучения:**  
**очная**

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
*Учебно-методической комиссией географического факультета*  
(протокол №16, дата 12.10.2022)

Москва 2022

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

Год (годы) приема на обучение: 2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП — относится к вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения.
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по дисциплинам «Физическая география мира», «Гляциология», «Геоморфология с основами геологии», «Климатология с основами метеорологии», «Гидрология» и по результатам общегеографических и учебных практик.
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>СПК-1.(формируется частично) Способен применять знания о закономерностях формирования и генетических типах толщ мерзлых пород и ледников, зональных и региональных особенностях их распространения, макро- и микростроении, тепломассообмене в их толще, вертикальном строении и мощностях, а также умение использовать в теории и практике генетические классификации и систематики объектов криологии;</p>	<p>СПК-1.1. Применяет знания о закономерностях формирования ледников, зональных и региональных особенностях их распространения, тепломассообмене в их толще в научной и практической деятельности</p>	<p><b>Знать:</b> место науки о внешнем массоэнергообмене ледников в системе гляциологических знаний; механизмы и факторы формирования компонентов балансов массы, тепла и воды для ледников. <b>Уметь:</b> распознавать ведущие факторы аккумуляции и абляции ледников в различных географических провинциях. <b>Владеть:</b> расчётными основами теплобалансового контроля наблюдений за абляцией с сопутствующей организацией режимных метеонаблюдений на леднике; основами интерпретации балансовых показателей для оценки текущего состояния ледника.</p>
<p>СПК-6. (формируется частично) Способен владеть методами исследования абляции и аккумуляции на ледниках, метаморфизма снега, строения снежной толщи, структуры льда, водно-физических и механических свойств снега, организации</p>	<p>СПК-6.1.Свободно выбирает и использует на практике методы измерения абляции и аккумуляции на ледниках, описывает стратиграфию снежной толщи и структуру льда, организует полевые</p>	<p><b>Знать:</b> характерные законы льдообразования в различных природных условиях и географические закономерности распространения зон льдообразования на Земле. <b>Уметь:</b> обобщать разноплановые сведения о режиме ледника в разных его поясах для графического и картографического отображения закономерностей в пространственном распределении балансовых показателей; организовывать систему комплексного мониторинга горных ледников в зависимости от доминирующего типа</p>

<p>полевых исследований в горах, на ледниках; обладает умением использовать компьютерные программы для обработки количественных данных, полученных в экспедициях и лабораториях.</p>	<p>исследования на ледниках; применяет компьютерные программы для обработки количественных данных, полученных в экспедициях и лабораториях.</p>	<p>льдообразования, ставить и решать задачи для характеристики современного состояния оледенения.  <b>Владеть:</b> методами полевого сбора и камеральной вычислительной обработки информации для оценки величин аккумуляции и абляции ледников; основами построения полей масс-балансовых характеристик горного ледника и их GIS-отображения; методикой построения карт покрытости, балансовых и гипсографических кривых для определения баланса массы, высоты границы питания и доли области аккумуляции горного ледника; принципами организации гидрологических измерений на замыкающем створе горно-ледникового бассейна, приёмами вертикального расчленения гидрографа стока и вычисления объёма жидкого ледникового стока для контроля режимных абляционных наблюдений на леднике.</p>
--	---	---

4. Объем дисциплины (модуля) 3 з.е., в том числе 54 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 54 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	Подготовка реферата	Всего
Тема 1. Главные направления современного ледниковедения	<b>7</b>	3	3			<b>6</b>	1		<b>1</b>
Тема 2. Современные проблемы наземного и дистанционного мониторинга ледников	<b>5</b>	4				<b>4</b>	1		<b>1</b>
Тема 3. Питание ледников	<b>12</b>	7				<b>7</b>	5		<b>5</b>
Тема 4. Расход вещества ледников	<b>12</b>	4	3			<b>7</b>	5		<b>5</b>
Тема 5. Зоны льдообразования	<b>9</b>	5				<b>5</b>	4		<b>4</b>
Тема 6. Баланс массы ледников	<b>12</b>	5	3			<b>8</b>	4		<b>4</b>
Тема 7. Тепловой баланс поверхности ледников	<b>8</b>	5				<b>5</b>	3		<b>3</b>
Тема 8. Водный баланс ледника и отдельных его поясов	<b>7</b>	0	5			<b>5</b>	2		<b>2</b>
Тема 9. Водный режим ледника и ледникового бассейна	<b>6</b>	5				<b>5</b>	1		<b>1</b>
Текущая аттестация №1. Обсуждение по темам	<b>2</b>		2			<b>2</b>			

лекций								
Промежуточная аттестация – экзамен	<b>28</b>	<i>Устный экзамен</i>					<b>28</b>	
<b>Итого</b>	<b>108</b>	<b>54</b>					<b>54</b>	

## Содержание лекций, семинаров

### Содержание лекций

#### Раздел I. Общие вопросы.

Тема 1. Главные направления современного ледниковедения.

Основные задачи ледниковедения, связанные с внешним массоэнергообменом ледников. Международные научные программы МГГ, МГД, МГП. Информационная база Мировой Службы Мониторинга Ледников и ее национальных подразделений (на примере России). Баланс массы, тепла и воды как триединая задача режимной гляциологии.

Тема 2. Современные проблемы наземного и дистанционного мониторинга ледников.

Комплекс наблюдений за параметрами внешнего массоэнергообмена ледников и вопросы его организации. Современная сеть объектов мониторинга ледников на Земле. Использование аэрокосмической информации для изучения эволюции оледенения.

Задание для самостоятельной работы по Разделу: познакомиться с рекомендуемой литературой по теме, подготовиться к устному опросу.

#### Раздел II. Внешний массообмен ледника.

Тема 3. Питание ледников.

Виды и составляющие аккумуляции. Методы наблюдений и расчета. Пространственно-временная изменчивость аккумуляции. Роль отдельных приходных составляющих баланса массы на ледниках различных географических условий, гляциоклиматическое районирование.

Тема 4. Расход вещества ледников.

Виды и составляющие абляции. Методы наблюдений и расчета. Пространственно-временная изменчивость абляции. Роль отдельных расходных составляющих баланса массы на ледниках различных географических условий, гляциоклиматическое районирование. Факторы, определяющие абляцию. Источники ошибок при расчете абляции и способы их учета.

Тема 5. Зоны льдообразования.

Основные типы льдообразования на ледниках. Географические закономерности распределения гляциологических зон. «Внутреннее питание» (декремент абляции) ледников, его сезонные разновидности. Способы определения «внутреннего питания».

Тема 6. Баланс массы ледников.

Уравнение баланса. Методы расчета баланса массы. Различия между двумя основными системами расчета: стратиграфической системой и системой фиксированных дат. Скорость массообмена ледников. Энергия оледенения, ее географическая изменчивость. Понятие о снеговой и фирновой линиях. Граница питания как индикатор баланса массы. Балансовые кривые.

Задание для самостоятельной работы по Разделу: познакомиться с рекомендуемой литературой по теме, подготовиться к устному опросу.

Раздел III. Внешний энергообмен ледника.

Тема 7. Тепловой баланс поверхности ледников.

Компоненты уравнения теплового баланса, методы их определения и расчета. Структура теплового баланса ледников в различных географических условиях. Расчет масс-балансовых параметров по метеоэлементам.

Задание для самостоятельной работы по Разделу: познакомиться с рекомендуемой литературой по теме, подготовиться к обсуждению.

Раздел IV. Гидрология ледникового бассейна.

Тема 8. Водный баланс ледника и отдельных его поясов.

Водный баланс горно-ледникового бассейна. Уравнение водного баланса. Характеристика составляющих уравнения, методы их расчета. Невязка водного баланса и причины ее возникновения. Сток с ледников. Основные подходы к расчетам ледникового стока. Вертикальное расчленение гидрографа стока. Расчеты талого снегового и ледникового стока.

Тема 9. Водный режим ледника и ледникового бассейна.

Вода в леднике. Время добегания и методы его определения. Режим рек с ледниковым питанием. Внутригодовой ход водного баланса и его компонентов. Использование метеорологической информации для расчета стока с ледников. Проблема искусственного усиления стока с ледников.

Задание для самостоятельной работы по Разделу: познакомиться с рекомендуемой литературой по теме, подготовиться к обсуждению.

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

Текущая аттестация №1. Обсуждение по темам лекций

*Примерный перечень вопросов для экзамена*

1. Главные направления современного ледниковедения. Развитие и успехи науки. Основные задачи, связанные с внешним массоэнергообменом ледников.
2. Составляющие теплового баланса поверхности ледников и методы их расчета.
3. Доля составляющих теплового баланса поверхности ледников в различных географических зонах.
4. Понятие о снеговой и фирновой линиях. Высота границы питания как индикатор баланса массы. Гипотезы подобия балансовых кривых во времени.
5. Расчет вещественного баланса ледников по метеорологическим данным.
6. Водный баланс ледника и ледникового бассейна и методы измерения его составляющих.
7. Основные составляющие аккумуляции. Их роль на ледниках различных типов и в различных географических условиях.
8. Гляциологическая характеристика теплой инфильтрационно-рекристаллизационной, инфильтрационно-конжеляционной и инфильтрационной зон льдообразования, а также области абляции.

9. Вертикальное расчленение гидрографа стока в ледниковом бассейне. Расчеты талого снегового и ледникового стока.
10. Методы измерения компонентов аккумуляции.
11. Зоны льдообразования и географические закономерности их распространения.
12. Влияние моренного материала на таяние ледников.
13. Гляциологическая характеристика рекристаллизационной, режеляционно-рекристаллизационной и холодной инфильтрационно-рекристаллизационной зон льдообразования.
14. Основные типы абляции и факторы, определяющие ее.
15. Внутреннее питание ледников (декремент абляции) и принципы его оценки.
16. Режим абляции. Пространственные закономерности абляции (на локальном и глобальном уровнях).
17. Системы измерений баланса массы.
18. Методы измерения абляции. Источники ошибок и способы их учета.
19. Режим рек с ледниковым питанием. Внутригодовой ход водного баланса и его компонентов. Проблема искусственного усиления стока с ледников.
20. Понятие баланса массы ледников. Энергия оледенения. Балансовые кривые. Ледниковый коэффициент.

### Шкала и критерии оценивания

**Промежуточная аттестация** по итогам освоения дисциплины – *экзамен/устный*.

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	<b>Неудовлетворительно</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Отлично</b>
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устный опрос, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (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 непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но	Сформированные навыки (владения), применяемые



оценочных средств: практические контрольные задания)			используемые не в активной форме	при решении задач
---	--	--	----------------------------------	-------------------

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

##### а) Основная рекомендуемая литература.

- Котляков В.М. Снежный покров Земли и ледники. Л., Гидрометеиздат, 1968, 479 с.
- Østrem G. & Brugman M. Glacier mass-balance measurements. NHRI Sci.Rep.No.4. Saskatoon, Canada, 1991, 224 pp.

##### б) Дополнительная литература.

- Дюргеров М.Б. Мониторинг баланса массы горных ледников. М., Наука, 1993, 127 с.
- Гляциологический словарь (под ред. В.М.Котлякова). Л., Гидрометеиздат, 1984. 528 с.
- Голубев Г.Н. Гидрология ледников. Л., Гидрометеиздат, 1976, 247 с.
- Калесник С.В. Очерки гляциологии. М., Географгиз, 1963, 551 с.
- Кренке А.Н. Массообмен в ледниковых системах на территории СССР. Л., Гидрометеиздат, 1982, 288 с.
- Ледник Джанкуат (под ред. И.Я.Боярского). Л., Гидрометеиздат, 1978, 184 с.
- Патерсон У.С.Б. Физика ледников. Пер. с англ. М., Мир, 1984 (2-е изд.), 472 с.
- Тронов М.В. Ледники и климат. Л., Гидрометеиздат, 1966, 407 с.
- Тушинский Г.К. Ледники, снежники, лавины Советского Союза. М., Географгиз, 1963, 311 с.
- Шумский П.А. Основы структурного ледоведения. М., изд-во АН СССР, 1955, 492 с.
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:  
Сайт журнала «Лёд и Снег» <http://ice-snow.igras.ru/jour/issue/archive>
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
  - поисковая система научной информации [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
  - электронная база научных публикаций [www.webofscience.com](http://www.webofscience.com)
- Описание материально-технической базы  
Учебная аудитория с мультимедийным проектором

9. Язык преподавания: лекции – русский с вкраплением англоязычных терминов, мультимедийные презентации – английский.

10. Преподаватель: ответственный за курс — к.г.н. доцент кафедры криолитологии и гляциологии Поповнин Виктор Владимирович.

11. Разработчик программы: к.г.н. доцент кафедры криолитологии и гляциологии Поповнин Виктор Владимирович.