

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан географического факультета,
член-корр. РАН Добролюбов С.А.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Изотопные методы в криолитологии и гляциологии**

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 № 12, дата 8 декабря 2021 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 утверждены 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 другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП - относится к вариативной части ООП, является дисциплиной по выбору.

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.

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
МПК-1. <i>(формируется частично)</i> Владеет знаниями о закономерностях эволюции криосферы во времени и пространстве, способен анализировать и сопоставлять данные, полученные с помощью изотопных и радиоуглеродных методов исследований для количественных палеореконструкций для решения теоретических и прикладных задач.	Применяет знания и теоретические концепции эволюции криосферы в научной и практической деятельности	Знать: современные теоретические основы и принципы наук о Земле, их методах и основах, понимать важность роли ландшафтных и климатических изменений и преобразований в атмосфере, гидросфере, криосфере и гляциосфере; Уметь: анализировать данные исследования вариаций стабильных изотопов кислорода, водорода и углерода для количественных реконструкций геокриологических, гляциологических и климатических изменений, читать и понимать современные англоязычные статьи. Владеть: общей методологией количественных реконструкций данных изотопных определений для изучения атмосферных, гидросферных, криосферных и гляциосферных процессов, профессиональной терминологией, в том числе, на иностранном языке.

4. Объем дисциплины (модуля) 2 з.е., в том числе 39 академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем, 42 академических часа 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.).

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.	7	1	1			3	1	1	4
Тема 2.	9	1	2			5	1	1	4
Тема 3.	6	1	1			2	1	1	4
Текущая аттестация 1: тест	1		1			1			
Тема 4.	12	1	2			6	2	1	6
Тема 5.	11	2	1			6	2	1	5
Тема 6.	6	1	1			4	1		2
Текущая аттестация №2. Доклад с презентацией	4		2			4			
Тема 7.	7	1	1			3	1	1	4
Тема 8.	10	1	1			2	2	2	7
Текущая аттестация 2: доклад по переводу современной англоязычной статьи	5		2			2		3	3

Промежуточная аттестация зачет	3	Устный зачет	3
Итого	81	39	42

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

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Раздел 1. Стабильные изотопы кислорода, водорода в атмосфере, гидросфере, криосфере и гляциосфере – термины и определения.

История изотопных исследований. Методы, приборы и стандарты. Формирование изотопного состава атмосферных осадков. Измерения изотопного состава атмосферных осадков по сети метеорологических станций ВМО/МАГАТЭ и GNIP. Глобальная линия метеорных (атмосферных) вод и вариации дейтериевого эксцесса в атмосферных осадках. Временная и пространственная изменчивость изотопного состава атмосферных осадков. Сезонность вариаций изотопного состава атмосферных осадков. Широтный, континентальный, высотный и количественный изотопные эффекты в распределении атмосферных осадков, вод рек, озёр и т.п.

Раздел 2. Корреляция содержания стабильных изотопов кислорода и водорода с температурами.

Взаимосвязь изотопного состава атмосферных осадков с температурой.

Уравнения глобальной взаимосвязи изотопного состава атмосферных осадков с температурой воздуха (В.Дансгора и др.).

Уравнения локальной взаимосвязи изотопного состава атмосферных осадков с температурой воздуха.

Уравнения взаимосвязи изотопного состава морских карбонатов осадков с температурой воды (Г.Юри-С.Эпстайна и др.).

Уравнения взаимосвязи изотопного состава повторно-жильных льдов с зимней температурой воздуха (Ю.К.Васильчука).

Раздел 3. Изотопные исследования ледников

Изотопные исследования льда Антарктиды: керны Бэрд, Восток, EPICA, купол С.

Изотопные исследования льда Гренландии: керны Кемп-Сенчури, GRIP, GISP, NorthGRIP.

Раздел 4. Изотопные исследования подземных льдов.

Плейстоценовых полигонально-жильных комплексов

4.1. Гетероциклического и гетерогенного Сеяхинского полигонально-жильного комплекса

4.2. Полигонально-жильные комплексов Саблера и оз.Лабаз

4.3. Полигонально-жильных комплексов Быковского полуострова

4.4. Полигонально-жильный комплекса Бизон

- 4.5. Гетероциклического и гетерогенного полигонально-жильного комплекса Дуванный Яр
 - 4.6. Полигонально-жильного комплекса Зеленого Мыса
 - 4.7. Полигонально-жильного комплекса Плахинского Яра
 - 4.8. Полигонально-жильного комплекса Кулар
 - 4.9. Полигонально-жильного комплекса Батагай
 - 4.10. Полигонально-жильного комплекса из озёрной вкладки Мамонтовой Горы
 - 4.11. Полигонально-жильных комплексов Феникс и Утиная
 - 4.12. Полигонально-жильных комплексов дельты Лены в районе хребта Чекановский
 - 4.13. Полигонально-жильных комплексов островов Большой Ляховский и Котельный
 - 4.14. Полигонально-жильного комплекса Фокс пермафрост туннель, Аляска
 - 4.15. Полигонально-жильного комплекса на р. Иткиллик, Аляска
- Голоценовых полигонально-жильных комплексов
- 4.16. Ямала: Сеяха и Щучья
 - 4.17. Гыдана: Матюй-Сале
 - 4.18. Чукотки: Анадырь, Лорино, Лаврентия, Коолень
 - 4.19. Голоценового полигонально-жильного комплекса Мерзлый Яр, на Енисее
 - 4.20. Голоценового полигонально-жильного комплекса Чара в Забайкалье

Изотопные исследования мощных пластовых льдов: разрезы Еркутаяха, Ледяная Гора, Бованенково, Тамбей, Тактаяктак, Хершел.

Раздел 5. Использование радиоуглеродного датирования для хронологических реконструкций.

Основы геохимии радиоактивного изотопа углерода (исследования У.Либби). Теория и техника измерений радиоуглеродного возраста. Определение возраста по измерению радиоактивности углерода. Определение возраста методом ускорительной масс-спектрометрии. Образцы, используемые для датирования, их объём, подготовка к анализу, возрастные пределы датирования. Стратегия использования данных радиоуглеродных анализов в разных природных объектах. Контаминация древним и молодым радиоуглеродом.

План проведения семинаров

Задание для самостоятельной работы:

Перевести с английского языка 1 статью из рецензируемого журнала, подготовить презентацию и доложить на семинаре.

Темы семинаров

1. Методы, приборы и стандарты в изотопных исследованиях.
2. Взаимосвязь изотопного состава снега и повторно-жильных льдов с зимней температурой воздуха.

3. Изотопные исследования плейстоценовых полигонально-жильных комплексов
4. Изотопные исследования голоценовых полигонально-жильных комплексов
5. Изотопные исследования пластовых льдов.
6. Обсуждение новейших англоязычных статей, содержащих исследования подземных льдов.

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

Текущая аттестация №1. Тест

Текущая аттестация №2. Доклад с презентацией по теме лекций

Текущая аттестация №3. Доклад с презентацией по переводу современной англоязычной статьи

Примерный перечень вопросов для теста

1. Уравнение Крейга.
2. Уравнение Юри-Эпстайна
3. Уравнения Дансгора
4. Уравнения Васильчука
5. Соотношение стандартов PDB и SMOW

Примерные темы для доклада

1. История изотопных исследований.
2. Методы изотопных исследований, приборы и стандарты.
3. Измерения изотопного состава атмосферных осадков по сети метеорологических станций ВМО/МАГАТЭ и GNIP. Глобальная линия метеорных (атмосферных) вод и вариации дейтериевого эксцесса в атмосферных осадках.
4. Широтный, континентальный, высотный и количественный изотопные эффекты в распределении атмосферных осадков, вод рек, озёр и т.п.
5. Уравнения глобальной взаимосвязи изотопного состава атмосферных осадков с температурой воздуха (В.Дансгора и др.).
6. Уравнения взаимосвязи изотопного состава морских карбонатов осадков с температурой воды (Г.Юри-С.Эпстайна и др.).
7. Уравнения взаимосвязи изотопного состава повторно-жильных льдов с зимней температурой воздуха (Ю.К.Васильчука).
8. Изотопные исследования льда Антарктиды: керны Бэрд, Восток, EPICA, купол С.
9. Изотопные исследования льда Гренландии: керны Кемп-Сенчури, GRIP, GISP, NorthGRIP.
10. Изотопные исследования плейстоценовых полигонально-жильных комплексов.
11. Изотопные исследования голоценовых полигонально-жильных комплексов.

12. Изотопные исследования мощных пластовых льдов: разрезы Еркутаяха, Ледяная Гора, Бованенково, Тамбей, Тактаяктак, Хершел.
13. Основы геохимии радиоактивного изотопа углерода (исследования У.Либби). Теория и техника измерений радиоуглеродного возраста. Определение возраста методом ускорительной масс-спектрометрии. Контаминация образцов древним и молодым радиоуглеродом.

Примерный перечень тем для рефератов

1. Современное состояние изотопных исследований льда Антарктиды: керны Бэрд, Восток, EPICA, купол С.
2. Современное состояние изотопных исследований льда Гренландии: керны Кемп-Сенчури, GRIP, GISP, NorthGRIP.
3. Современное состояние изотопных исследований плейстоценовых полигонально-жильных комплексов.
4. Современное состояние изотопных исследований голоценовых полигонально-жильных комплексов.
5. Современное состояние изотопных исследований мощных пластовых льдов: разрезы Еркутаяха, Ледяная Гора, Бованенково, Тамбей, Тактаяктак, Хершел.
6. Современное состояние измерений радиоуглеродного возраста методом ускорительной масс-спектрометрии.

Примерный перечень вопросов для зачета

- 1.1. История открытия и изучения стабильных и радиоактивных изотопов
- 1.2. Дейтериевый эксцесс, что это, как рассчитать.
- 1.3. Строение, радиоуглеродный возраст, AMS-датировки льда и изотопная характеристика повторно-жильных льдов Сеяхинского разреза.
 - 2.1. Основы геохимии стабильных изотопов. Стабильные изотопы кислорода и водорода, распространение в разных объектах.
 - 2.2. Строение, радиоуглеродный возраст, AMS-датировки льда и изотопная характеристика повторно-жильных льдов разреза Плахинский Яр.
 - 2.3. Строение, радиоуглеродный возраст и изотопная характеристика повторно-жильных и пластовых льдов разреза Дуванный Яр.
 - 3.1. Теория и техника масс-спектрометрических исследований стабильных изотопов. Методы лабораторных измерений.
 - 3.2. Измерения радиоуглеродного возраста У.Либби.
 - 3.3. Строение, радиоуглеродный возраст, AMS-датировки льда и изотопная характеристика повторно-жильных льдов разреза Зелёный Мыс.
 - 4.1. Стандарты.
 - 4.2. Измерения радиоуглеродного возраста У.Либби.
 - 4.3. Строение, радиоуглеродный возраст и изотопная характеристика повторно-жильных льдов разреза Мамонтова Гора.
 - 5.1. Глобальные наблюдения на сети станций ВМО/МАГАТЭ
 - 5.2. Применение стабильных изотопов для исследования условий развития фораминифер, изотопные стадии Ч.Эмилиани.

- 5.3. Цикличность формирования ПЖЛ: микро, мезо и макроциклы.
- 6.1. Основы геохимии радиоактивного углерода. Теория и техника измерений радиоуглеродного возраста по измерению радиоактивности углерода.
- 6.2. Распространение ПЖЛ в криолитозоне России.
- 6.3. Корреляция изотопных диаграмм повторно-жильных льдов для последних 40 тыс. лет.
- 7.1. Образцы, используемые для радиоуглеродного датирования, их объём, подготовка к анализу, возрастные пределы датирования.
- 7.2. Определение возраста методом ускорительной масс-спектрометрии
- 7.3. Карты распределения изотопного состава и зимних температур в Российской криолитозоне для разных периодов позднего плейстоцена.
- 8.1. Колич. эффект в атм. осадках .
- 8.2. Проблемы переотложения материала в криолитозоне. Наблюдения Л.Д.Сулержицкого на берегу оз. Саблера, высокая концентрация пыльцы деревьев на пляже о.Мамонта, датирование отдельных компонент bulk образцов Дуванного и Сеяхи.
- 8.3. Станция Кемп-Сенчури.
- 9.1. Особенности датирования по торфу, по рассеянной растительной органике, по древесине, по костям животных.
- 9.2. Ледниковые покровы Антарктиды и Гренландии, площадь, мощность, высоты.
- 9.3. Изотопные вариации в керне станции Восток.
- 10.1. Широтный и континентальный эффект в атмосферных осадках.
- 10.2. Программа GNIP МАГАТЭ по атм. осадкам.
- 10.3. Изотопные вариации в керне станции Бэрд.
- 11.1. Объемы анализируемых образцов для определения стабильных изотопов и их подготовка к измерениям
- 11.2. Высотный эффект в атмосферных осадках.
- 11.3. Изотопные вариации в керне станции GRIP (Саммит).

Шкала и критерии оценивания

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – зачет/устно

Оценка РО исоответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания (виды оценочных средств: <i>устный опрос, реферат</i>)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (виды оценочных средств: <i>устный опрос, перевод современной англоязычной ста-</i>	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)

<i>тьи, реферат)</i>		
Навыки (владения, опыт деятельности)(виды оценочных средств: устный опрос, , перевод современной англоязычной статьи, реферат)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме. Перевод современной англоязычной статьи.

8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Рекомендуемая литература

А) Основная литература

Васильчук Ю.К., Котляков В.М. Основы изотопной геокриологии и гляциологии. Учебник. М., Изд-во Моск. ун-та. 2000. – 616 с.

Васильчук Ю.К. Повторно-жильные льды; гетероцикличность, гетерохронность, гетерогенность Изд-во Моск. ун-та. М. 2006. – 404 с.

Васильчук Ю.К., Буданцева Н.А., Васильчук А.К., Чижова Ю.Н. Изотопные методы в географии. Часть 3: Геохимия стабильных изотопов атмосферы и гидросферы. – Учебное пособие – М.: Географический факультет МГУ. 2013. – 216 с.

Васильчук Ю.К., Васильчук А.К. Изотопные методы в географии. Часть 1: Геохимия стабильных изотопов природных льдов. – Учебное пособие – М.: Издательство Московского университета, 2011. – 228 с.

Васильчук Ю.К. Изотопные методы в географии. Часть 2: Геохимия стабильных изотопов пластовых льдов. Том I. – М.: Издательство Московского университета, 2012. – 472 с.

Б) Дополнительная литература

Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н. Выпуклые бугры пучения многолетнемёрзлых торфяных массивов / Под редакцией действительного члена РАЕН, профессора Ю.К.Васильчука - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. – 571 с.

Васильчук Ю.К. Изотопно-кислородный состав подземных льдов (опыт палеогеогеографических реконструкций. Изд. Отдел. Теоретических проблем РАН. МГУ, ПНИИИС. 1992. В 2-х томах. Т.1. – 420 с. Т.2–264 с.

Котляков В.М., Гордиенко Ф.Г. Изотопная и геохимическая гляциология. Л.: Гидрометеиздат. 1982. – 288 с.

Ферронский В.И., Поляков В.А. Изотопия гидросферы Земли. М.: Научный мир. 2009. – 632 с.

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

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>

Сайт репозитория PANGAEA

<https://www.pangaea.de/>

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)

- поисковая система научной информации www.scopus.com

- электронная база научных публикаций www.webofscience.com

- сеть глобального мониторинга криолитозоны <https://gtnp.arcticportal.org/>

- программа мониторинга сезонноталого слоя CALM <https://www2.gwu.edu/~calm/>

- Описание материально-технической базы

Учебная аудитория с мультимедийным проектором

9. **Язык преподавания:** русский

10. **Преподаватель (преподаватели):** Ответственный за курс проф. Васильчук Юрий Кириллович

11. **Разработчик программы:** Профессор кафедры геохимии ландшафтов и географии почв Васильчук Юрий Кириллович