

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан Геологического факультета
МГУ имени М.В. Ломоносова
чл.-корр. РАН Н.Н.Еремин



«18» декабря 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Аэрогеофизика

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.01 Геология

Профиль программы бакалавриата:
Геофизика

Форма обучения:
Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета МГУ
(протокол № 8 от 25 декабря 2025 г.)

Москва 2025

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология», утвержденным приказом по МГУ от 30.12.2016 № 1674 (в действующей редакции).

Год приема на обучение: 2022

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, сопряженные с компетенциями
ОПК-3.Б	Б.ОПК-3. И-1. Использует типовые подходы и методы при решении задач профессиональной деятельности. Б.ОПК-3. И-3. Владеет базовыми навыками обработки и интерпретации информации при решении стандартных задач профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки.	Знать: виды и особенности топопривязки аэрогеофизических наблюдений, основные виды аэрогеофизических наблюдений. Уметь: определить оптимальный комплекс аэрогеофизических методов при решении разных геологических задач, задать оптимальную систему аэрогеофизических наблюдений.
ОПК-6.Б	Б.ОПК-6. И-1. Использует знания информационно-коммуникационных технологий для решения стандартных задач профессиональной деятельности. Б.ОПК-6. И-2. Пользуется стандартными программными продуктами в области ГИС-технологий для обработки и визуализации геологических данных	Владеть: методикой аэрогеофизических наблюдений (магнитная и гравиметрическая, тепловая инфракрасная, аэрогамма-спектрометрическая, электроразведочная съемки), приемами качественной и первичной количественной интерпретации получаемых данных аэрогеофизических съемок.

4. Объем дисциплины составляет 1 з.е., в том числе 22 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (11 часов лекций и 11 часов семинаров), 14 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – зачет.

5. Содержание дисциплины, 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, Форма промежуточной аттестации по дисциплине	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 лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графическая работа	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Раздел 1. Навигационное обеспечение аэрогеофизических работ	2	1		1	2					
Раздел 2. Аэромагнитная съемка	6	2		2	4		2			2
Раздел 3. Аэрогамма-спектрометрическая съемка	6	2		2	4		2			2
Раздел 4. Аэроэлектроразведочные исследования	6	2		2	4		2			2
Раздел 5. Аэрогравиметрические работы	6	2		2	4		2			2
Раздел 6. Тепловая инфракрасная съемка	6	2		2	4		2			2
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>	4	Зачет				4				
Итого	36	22				14				

Развернутое содержание тем и разделов дисциплины

Содержание лекций

Раздел 1. Навигационное обеспечение аэрогеофизических работ.

1.1 Введение.

Визуальная привязка с опознаванием ориентиров по топографическим планшетам.

Фотопривязка: типы аэрофотоаппаратов, фокусное расстояние, область захвата с заданной высоты полета, составление фотопланов необходимого масштаба, количество опознанных фотоориентиров, необходимое для уверенной прокладки курса.

Радиогеодезические системы. Погрешности определения планового положения летательного аппарата.

1.2 Современные методы привязки и активного вождения.

Доплеровские системы. Антенны и частоты (вычисление путевой скорости и угла сноса летательного аппарата). Гироскопические курсовые системы (данные о пространственной ориентации, т.е. курс, крен, тангаж). Суммирующий бортовой навигационный вычислитель для счисления пройденного пути в географической или прямоугольной системе координат.

Спутниковые навигационные системы.

Понятия о созвездиях спутников **GPS** и **ГЛОНАСС**. Возможности их совместного использования и режим дифференциальной коррекции. Реальная точность определения местоположения.

Раздел 2. Аэромагнитная съемка.

Феррозондовые магнитометры. Физические принципы работы, чувствительность, источники погрешностей, объем выполненных исследований.

Современные протонные и квантовые магнитометры. Физические принципы работы. Свободная прецессия протонов в магнитном поле Земли. Частота прецессии и гиромангнитное отношение. Максимальная разрешающая способность протонных магнитометров. Эффект Зеемана. Принцип оптической накачки. Понятия о метастабильных уровнях. Чувствительность квантовых магнитометров. Градиентометр-магнитометр: основные параметры и особенности.

Методика аэромагнитной съемки. Цели и задачи съемки. Масштаб съемки. Требования к организации вариационной службы. Полевая обработка и увязка профильных наблюдений. Построение цифровых сетей. Точность съемки.

Методика проведения градиентной аэромагнитной съемки. Система определения координат каждого датчика.

Интерпретация результатов. Методы разделения полей. Спектральный анализ и методы особых точек. Региональные и поисковые работы. Выявление слабых локальных аномалий различного периода и генезиса в структурах осадочного чехла. Примеры решения геологических задач с помощью аэромагнитных наблюдений.

Раздел 3. Аэрогамма-спектрометрическая съемка.

Взаимодействие гамма-излучения с веществом. Физика взаимодействия и энергия получаемых гамма-квантов (фотоэффект, комптоновское рассеяние и эффект образования электронных пар).

Радиоактивные элементы в земной коре. Материнские и дочерние продукты. Период полураспада и элементы гамма-излучатели в рядах распада. «Кларковые» содержания РАЭ в земной коре. Понятие о радиоактивном равновесии и его нарушении. Спектр гамма-излучения семейств естественных РАЭ.

Детекторы гамма-излучения и физические принципы их работы. Газоразрядные, сцинтилляционные и полупроводниковые детекторы. Эффективность и энергетическое разрешение различных типов детекторов. Зависимость разрешения от энергии излучения. Однократно и многократно рассеянные гамма-кванты. Превращение исходного линейчатого спектра в непрерывный. Понятие о **пике полного поглощения**.

Типичные формы спектра природного гамма-излучения и способы восстановления интенсивности излучения естественных нуклидов.

Методы обработки полевых наблюдений. Живое время детектора. Влияние высоты полета. Концентрационная чувствительность. Влияние свободного радона и способы его учета. Зона обзора с высоты полета. Построение карт концентраций РАЭ и мощности дозы гамма-излучения.

Интерпретация данных съемки. Влияние ландшафтных факторов. Первичные и вторичные ореолы. Региональная и локальная радиогеохимическая зональность. Поиски радиоактивного сырья. Поиски нерадиоактивных полезных ископаемых и анализ корреляционных связей между РАЭ (редкие металлы и редкие земли, бокситы, золото, нефть и газ, коренные и россыпные месторождения алмазов).

Радиозоологические исследования. Искусственные радионуклиды как гамма-излучатели. Понятие о ядерном топливном цикле. Радиоактивное загрязнение местности в результате аварий (ЧАЭС), испытаний ядерного оружия, деятельности предприятий ЯТЦ.

Раздел 4. Аэроэлектроразведочные исследования.

Физические основы метода. Основные модификации аэроэлектроразведки. Временные и частотные способы возбуждения первичного поля. Различная геометрия измерительных установок (генератор и приемник в одной гондоле или разнесенные в пространстве системы).

Методика съемки. Применяемые частоты и измеряемые компоненты первичного и вторичного поля. Масштаб съемки. Связь частоты и глубины исследования для различных типов геоэлектрического разреза. Профильные данные, фильтрация помех, контроль за изменением и учетом реальной геометрии установки, построение первичных карт.

Интерпретация результатов. Построение различных почастотных карт сопротивлений и проводимости или карт комплексных параметров типа *S*-плоскости и *H*-ее эффективной глубины. Построение разрезов кажущихся сопротивлений по набору частот. Районирование полей по условиям ведения поиска на основе совместного анализа с картами рельефа и четвертичных отложений. Выявление локальных аномалий проводимости.

Геологическое назначение. Поиски высокопроводящих объектов различной природы: медно-никелевые руды, бокситы, кимберлиты. Картирование мощности рыхлых отложений и анализ их генезиса (карст, палеорельеф, сплошная и островная мерзлота, поиск зон трещиноватости).

Раздел 5. Аэрогравиметрические работы.

Аппаратура. Типы применяемых аэрогравиметров. Основные сложности аэрогравиметрии. Непериодические ускорения, связанные с эволюциями самолета. Гиростабилизационные платформы.

Методика съемки. Способы учета пространственной ориентации самолета. Особенности технологии пилотирования. Частота регистрации, исключение случайных помех, базис накопления и осреднения сигнала. Требования к вариационной навигационной службе. Необходимая точность определения пространственного положения. Масштаб съемки. Основные территории для современной аэрогравиметрии. Опытные и производственные работы на территории России. Построение карт и предварительные результаты. Оценка точности съемки и сравнение с результатами предыдущих наземных работ аналогичного масштаба.

Раздел 6. Тепловая инфракрасная съемка.

Физические основы метода. Спектр инфракрасного излучения, окна прозрачности атмосферы. Дальний и ближний ИК-диапазоны. Понятие о радиационной температуре.

Типы существующих тепловизоров. Тепловизоры матричного принципа действия. Тепловизоры с использованием оптических головок. Вещество детекторов, системы охлаждения. Принцип сканирования местности.

Методика съемки. Высота полета и ширина захвата. Частота сканирования и пространственное разрешение. Температурное разрешение.

Обработка материалов. Влияние суточных вариаций температуры и увязка по вылетам. Превращение сканированных данных в масштабированное изображение. Построение карт теплового поля поверхности земли.

Интерпретация результатов. Поиск источников повышенных тепловых потерь в подземных теплотрассах. Разделение по степени риска (нормальные, аномальные и предаварийные участки). Учет теплопроводности вмещающих грунтов. Совместный анализ с материалами съемки в оптическом диапазоне. Поиск участков подтопления авто и железнодорожных путей. Поиск повреждений в магистральных газопроводах.

Содержание семинаров

1. Сведения о моделях геоида и проекциях изображения карт. Преимущества и недостатки доплеровских и спутниковых систем.
2. Аэромагниторазведка. Ошибки привязки, как источник ложных аномалий. Аномалии над углеводородными залежами, бокситоперспективные участки, кимберлитоконтролирующие структуры и аномалии от кимберлитовых тел на уровне современного эрозионного среза и под слоем перекрывающих отложений.
3. Вариации естественного фонового гамма излучения горных пород в различных геологических условиях.
4. Особенности интерпретации аэроэлектроразведочных данных в условиях наклонных границ раздела сред с разной проводимостью. Контакты и узкие линейные зоны. Локальные субвертикальные проводники. Комплексная интерпретация с другими аэрогеофизическими методами.

Примерные темы рефератов

1. Классификация методов аэрогеофизики
2. Современные методы навигационного обеспечения аэрогеофизических съемок
3. Тепловая инфракрасная аэросъемка, решаемые геологические задачи.
4. Аэроэлектроразведка, область применения в геологии.
5. Аэрогравиметрические съемки, примеры применения в геологии.
6. Аэромагнитная съемка, решение структурно-картировочных задач.
7. Аэрогамма-спектрометрическая съемка, область применения в геологии.

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине

6.1. Типовые контрольные вопросы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при защите рефератов и при контрольных опросах.

1. Классификация методов аэрогеофизики.
2. Методы современного навигационного обеспечения аэрогеофизических съемок.
3. Технология аэромагниторазведки.
4. Технология аэрогравиразведки.
5. Технология аэроэлектроразведки.
6. Технология тепловой инфракрасной съемки.
7. Технология аэрогамма-спектрометрической съемки.
8. Условия применения аэрогеофизических методов.
9. Геологические задачи, решаемые с помощью аэрогеофизики.
10. Топопривязка аэрогеофизических наблюдений.

6.2. Типовые контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации

1. Топопривязка аэрогеофизических наблюдений.
2. Современные методы привязки и активного вождения летательных аппаратов, применяющиеся при аэрогеофизической съемки.
3. Спутниковые системы GPS и ГЛОНАСС.
4. Типы современных аэромагнитометров.
5. Технология (особенности методики) аэромагнитной съемки.
6. Принципы интерпретации данных аэромагнитной съемки.
7. Области применения аэромагнитной съемки.
8. Детекторы гамма и гамма-спектрометрических излучений.
9. Технология и принципы интерпретации радиологических съемок.
10. Задачи гамма и гамма-спектрометрической аэросъемки.
11. Методы аэроэлектроразведки.
12. Методика разных вариантов аэроэлектроразведки.
13. Сущность интерпретации данных аэроэлектроразведки.
14. Особенности устройства аэрогравиметров.
15. Методика аэрогравиметрической съемки.
16. Приборы для инфракрасной съемки – тепловизоры.
17. Особенности технологии тепловой аэросъемки.
18. Значение комплексирования разных методов аэрогеофизики.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (зачет).

Оценка результатов обучения, <i>соответствующие виды оценочных средств</i>	Незачет	Зачет
Знания (<i>устный опрос</i>)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (<i>устный опрос</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)
Навыки (владения, опыт деятельности) (<i>устный опрос</i>)	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

7. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература

1. Геофизика. Под ред. В.К.Хмелевского. М. КДУ. 2009, 2012, 2015. С.320.
2. Хмелевской В.К., Костицин В.И. Основы геофизических методов. Пермь. Изд-во ПГУ. 2010 С. 400.
3. Хмелевской В.К., Костицин В.И. Геофизика. Пермь. Изд-во ПГУ. 2018 С. 380.

4. Никитин А.А., Хмелевской В.К. Комплексирование геофизических методов, учебник, Москва 2012г.

Материально-техническое обеспечение

Для материально-технического обеспечения дисциплины «Аэрогеофизика» используются специализированная аудитория с ПК и компьютерным цифровым проектором, компьютерный класс отделения Геофизики и библиотека Геологического факультета МГУ.

8. Язык преподавания – русский.

9. Преподаватели: Ответственный за курс — доц. Попов М.Г., преподаватели: в.н.с Керцман В.М., н.с. Мойланен Е.В.

10. Разработчики программы: доц. Попов М.Г., в.н.с Керцман В.М.