

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



«25» сентября 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Электроразведка на морских и пресноводных акваториях

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01. Геология

Магистерская программа:

Малоглубинная и глубинная геофизика

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
методической комиссией геологического факультета
(протокол № 6 от 8 сентября 2025)

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: 2024.

Цель и задачи дисциплины

Целью курса "Электроразведка на морских и пресноводных акваториях" является подготовка слушателя к выбору технологий и методов глубинных и малоглубинных акваторных электроразведочных работ, начиная от проведения наблюдений и заканчивая интерпретацией данных, а также к обеспечению контроля над проведением подобных работ.

Задачи - получение знаний об аппаратуре и методике акваторных наблюдений, об особенностях обработки и интерпретации данных морской и речной электроразведки, а также о геоэлектрическом строении морей и океанов, рек и озер.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

Рассматриваются особенности проведения речных исследований и геоэлектрического строения пресноводных акваторий. Приводится краткая история развития речной электроразведки. Анализируются конструкции плавающих электроразведочных кос и методика измерений. Обсуждаются вопросы теории, техники, методика и программное обеспечение зондирований с вертикальными и донными установками. Рассматриваются особенности непрерывных акваторных зондирований, вопросы их технического исполнения, методика и программное обеспечение. Приводятся примеры практических исследований на пресноводных акваториях.

Анализируются особенности методов электромагнитного зондирования (магнитотеллурического, частотного и становлением поля), применяемых в океанах и морях с целями изучения их глубинного строения и прогноза месторождений углеводородов. Приводятся сведения о свойствах электромагнитных полей в океанах и морях, аппаратуре, методиках наблюдений, обработке и интерпретации данных. Рассматриваются геоэлектрические модели абиссальных равнин океанов, срединно-океанических хребтов, зон субдукции. Обсуждаются возможности методов электроразведки при поиске и разведке морских месторождений углеводородов.

1. Место дисциплины в структуре ОПОП. Относится к профильному блоку вариативной части ОПОП, является обязательной. Курс магистратуры – 2, семестр – 3.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия. Базируется на знаниях по дисциплинам «Общая геология», «Геотектоника», «Геология и геохимия нефти и газа», «Теория геофизических полей», «Электроразведка», «Некорректные задачи геофизики», «Интерпретация данных электроразведки», «Геотермия», «Теория электромагнитных зондирований», «Геологическая интерпретация данных электроразведки».

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

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ОПК-4.М.	М.ОПК-4.И-2. Объективно оценивает полученные результаты, обобщает их, формулирует выводы.	Знать: особенности устройства аппаратуры для акваторной электроразведки и методики проведения работ; закономерности пространственного распределения электромагнитных полей естественных и искусственных источников в морях и океанах, реках и озёрах; основные черты их глубинного и приповерхностного геоэлектрического строения. Уметь: выбрать оптимальную методику акваторной электроразведки, проконтролировать проведение наблюдений, выполнить обработку и интерпретацию данных, а также геологическое истолкование построенных геоэлектрических моделей. Владеть: методами регистрации, обработки и интерпретации данных акваторной электроразведки для получения информации о строении срединно-океанических хребтов, абиссальных равнин и зон субдукции, нефтеперспективных шельфовых зон, а также верхней части разреза как объекта инженерно-геологических изысканий.
ОПК-7.М.	М.ОПК-7.И-1. Знает технические характеристики и возможности основных современных видов научного и технического оборудования, используемого в работах по профилю подготовки.	Знать: технические характеристики и возможности основных современных видов аппаратуры для электроразведки на акваториях. Уметь: профессионально выбирать и использовать современные аппаратурно-программные комплексы для электроразведки на акваториях. Владеть: подходами к решению научных и практических задач на акваториях с использованием аппаратурно-программных комплексов для электроразведки на акваториях.
ПК-2.М.	М.ПК-2. И-1. Критически анализирует новейший отечественный и зарубежный опыт научно-исследовательских	Знать: основы устройства современного оборудования для проведения электроразведочных исследований на акваториях. Уметь: критически анализировать новейший отечественный и зарубежный опыт электроразведочных исследований на акваториях.

	работ по тематике собственного исследования.	Владеть: навыками применения информационных технологий при проведении электроразведочных исследований на акваториях.
СПК-2.М.	М.СПК-2.И-2. Знает основы устройства современных геофизических аппаратурно-программных комплексов и их применения для решения геологических задач.	Знать: основы устройства современных геофизических аппаратурно-программных комплексов и их применения для решения геологических задач на акваториях с использованием методов электроразведки. Уметь: самостоятельно ставить конкретные задачи научно-исследовательских и практических работ в области малоглубинной и глубинной геофизики на акваториях и решать их с помощью комплекса геофизических методов, включающего электроразведку. Владеть: навыками использования междисциплинарных знаний, современной аппаратуры, оборудования и информационных технологий, а также современного отечественного и зарубежного опыта в области электроразведочных исследований на акваториях.

4. Объем дисциплины: 2 з.е., в том числе 28 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (24 лекции и 4 семинары), 44 академических часов на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов 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 семинарского типа	Всего	Подготовка к контрольному опросу	Всего
1. Методы постоянного тока, применяемые на пресноводных акваториях	4	4		4		
2. Вспомогательные геофизические методы, применяемые на пресноводных акваториях	2	2		2		
3. Примеры геофизических работ на пресноводных акваториях	4	2	2	4		
Текущая аттестация 1: контрольный опрос	16				16	16
4. Морские зондирования становлением поля	2	2		2		
5. Морские зондирования гармоническим полем	4	4		4		
6. Морские магнитотеллурические зондирования	4	2	2	4		
Текущая аттестация 2: контрольный опрос	14				14	14
7. Фоновый разрез коры и верхней мантии океанов	2	2		2		
8. Исследования океанических зон спрединга	2	2		2		
9. Исследования зон перехода «океан – континент»	4	4		4		
Текущая аттестация 3: контрольный опрос	14				14	14
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>	0	Устный экзамен*			0	
Итого	72	28			44	

* Промежуточная аттестация в форме экзамена проводится во время экзаменационной сессии, предусмотренной графиком учебного процесса

Развернутое содержание тем и разделов дисциплины

Содержание лекций

(1) Методы электроразведки и малоглубинной геофизики на пресноводных акваториях

Особенности применения геофизических методов на пресноводных акваториях

Методы постоянного тока

1.1. Вертикальные электрические зондирования

1.2. Электрическая томография

Классическая электротомография

Многоsegmentная электротомография

Зондирования с донной косой

1.3. Непрерывные электрические зондирования

1.4. Зондирования с вертикальной установкой

1.5. Метод естественного поля

1.6. Метод вызванной поляризации

(2) Вспомогательные геофизические методы, применяемые на пресноводных акваториях

2.3. Методы низкочастотной электроразведки

2.4. Георадиолокация

2.5. Вспомогательные геофизические методы

(3) Примеры геофизических работ на пресноводных акваториях

3.1. Непрерывные акваторные зондирования на р. Москва

3.2. Геофизические исследования на Нижней Волге

3.3. Электроразведка на акваториях Восточной Германии

3.4. Переходы на реках при решении инженерно-геологических задач

(4) Морские зондирования становлением поля

Предпосылки создания метода ЗС. Основные особенности устанавливающегося ЭМ поля. Кажущееся сопротивление в методе ЗС. Использование поляризационных эффектов в методе ЗС. Аппаратурно-методические комплексы для метода ЗС. АМК предприятия Севморгео (Санкт-Петербург). АМК компании ЕММЕТ (Санкт-Петербург). АМК компании МЕМ (Санкт-Петербург). АМК предприятия Южморнефтегеофизика (Геленджик). АМК компании Солитон (Геленджик). АМК компании СГНПК (Иркутск). АМК компании Арктик-Геофизика (Москва). АМК университета Торонто. АМК компании KMS. АМК компаний Petromarker и Allton. Использование кругового электрического диполя. Применение шумоподобных сигналов. Методы решения прямой одномерной задачи ЗС. Алгоритм решения прямой одномерной задачи ЗС. Одномерное моделирование ЗС на шельфе. Трёхмерное моделирование ЗС на шельфе. Одномерная интерпретация кривых ЭМ зондирования. Одномерная интерпретация кривых морских ЗС. Картирование ММП на Арктическом шельфе. Особенности интерпретации данных ДНМЭ. Использование высокочастотных осцилляций. Преимущества и недостатки метода морских ЗС.

(5) Морские зондирования гармоническим полем

Особенности методов зондирования гармоническим полем. Вертикальный и горизонтальный скин-эффект. Кажущееся сопротивление в методе ДЭМЗ. Влияние высокоомных слоёв. Изопараметрические зондирования. АМК Скриппсовского океанографического института. АМК Кембриджского университета и Саутгемптонского центра. АМК компании ОНМ. АМК компании EMGS. АМК компаний PGS и OPG. Использование токовых сигналов разной формы. Обработка данных. Анализ чувствительности к высокоомному объекту. 1D инверсия данных ДЭМЗ. 2D инверсия данных ДЭМЗ. 3D инверсия данных ДЭМЗ. Совместное использование донных и буксируемых источников. Учёт анизотропии при 3D инверсии данных ДЭМЗ. Изучение газового месторождения на шельфе Австралии. Комплексные исследования других месторождений. Картирование газогидратов. Преимущества и недостатки метода ДЭМЗ.

(6) Морские магнитотеллурические зондирования

Особенности метода МТЗ. Магнитотеллурические передаточные функции. Влияние водной толщи. Уравнения поля в 1D среде. Уравнения поля в 2D среде. Геоэлектрическая неоднородность типа горста: модель, компоненты E_y , H_x , H_z , H_y , E_x , E_z , выводы. Батиметрические неоднородности. Береговой эффект. Пример искажения кривых МТЗ береговым эффектом. Островной эффект. Донные станции Скриппсовского института. Методика наблюдений. Выполнение донных МТЗ. МТЗ в Мексиканском заливе (проект Gemini). Дальнейшее развитие морских разведочных ЭМЗ. Станции компании ЕММЕТ (Санкт-Петербург). Разведочные МТЗ в транзитной зоне.

(7) Фоновый разрез коры и верхней мантии океанов

Океанская тектоносфера. Геологическое строение океанской коры. ДЭМЗ в северо-восточной части Тихого океана. «Солевой мост» для измерения электрического поля. МТЗ в северо-восточной части Тихого океана. Астеносфера в свете МТ данных. Использование длиннопериодных вариаций. Глубоководные кабели. Магнитовариационное зондирование. МТЗ на дрейфующих станциях в Северном Ледовитом океане.

(8) Исследования океанических зон спрединга

Границы литосферных плит. Хребет Рейкьянес (проект RAMESSES). Хребет Валу Фа в задуговом бассейне Лау. Восточно-Тихоокеанское поднятие, 17⁰ ю.ш. (проект MELT). Восточно-Тихоокеанское поднятие, 10⁰ с.ш.

(9) Исследования зон перехода «океан – континент»

Дальний Восток. Японское море. Каскадная субдукционная зона (проект EMSLAB): геолого-геофизическая изученность, различные геоэлектрические модели, оценка чувствительности к элементам модели, оценка региональных приповерхностных эффектов, анализ МТ данных на линии Линкольн, построение модели вдоль линии Линкольн, истолкование геоэлектрической модели. Центрально-Американская зона субдукции. Баренцево море.

План проведения семинаров.

1. Комплексирование методов малоглубинной геофизики на пресноводных акваториях
2. Комплексирование электромагнитных и других морских геофизических методов

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине.

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при выполнении каждым студентом контрольного опроса или контрольной работы по завершении каждой трети курса.

1. Методы малоуглубинной электроразведки на мелководных акваториях.
2. НАЗ: состав аппаратурного комплекса, установки и методика измерений.
3. Карст и карстовая опасность для р. Москвы по данным электроразведки.
4. Аппаратура и методика проведения морских работ методом ЗС.
5. Аппаратура и методика наблюдений методом ДЭМЗ.
6. ДЭМЗ при изучении месторождений углеводородов и газогидратов.
7. Аппаратура и методика наблюдений методом донных МТЗ.
8. Астеносфера в свете МТ данных.
9. Геоэлектрическое строение Каскадной зоны субдукции.

6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Типовые контрольные вопросы при проведении промежуточной аттестации (экзамен):

1. Проблемы и задачи геофизики при переходах через речные преграды и экологического и гидрогеологического обследования рек
2. Комплексирование геофизических методов при работах на мелководных, пресноводных акваториях.
3. Мобильный речной электроразведочный комплекс: состав комплекса и схема размещения оборудования.
4. Методы малоуглубинной электроразведки на мелководных акваториях.
5. Методика электрических зондирований с вертикальной установкой. Особенности кривых зондирований с вертикальной установкой.
6. Методика выполнения георадиолокации на акваториях зимой и летом. Ограничения метода. ГРЛ аномалии на акваториях.
7. НАЗ: состав аппаратурного комплекса, установки и методика измерений.
8. Электротомография НАЗ: особенности обработки и интерпретации данных.
9. Электротомография НАЗ с плавающей фиксированной косой и донной косой.
10. Съёмка естественного поля на акваториях: методика, обработка и результаты.
11. Электроразведка при изучении современной речной долины р.Москва. Взаимодействие древних палеодолин с руслом реки.
12. Карст и карстовая опасность для р. Москвы по данным электроразведки.

13. Выполнение переходов через водные преграды с помощью электротомографии летом и в зимних условиях.
14. Исследования с помощью речного комплекса в Восточной Германии в районе о.Мюль-Розе и канала Одер-Шпрее.
15. Исследования с помощью НСП и ЕП нерестилищ осетровых пород рыб на Нижней Волге.
16. Аппаратура и методика проведения морских работ методом ЗС
17. Применение шумоподобных сигналов в методе ЗС
18. Расчет и особенности кривых ЗС для поляризующихся сред
19. Интерпретация данных морских ЗС
20. Дифференциально-нормированный метод электроразведки на акваториях
21. Вертикальный и горизонтальный скин-эффект в методах ЧЗ и ДЭМЗ
22. Кажущееся сопротивление в методе ДЭМЗ
23. Аппаратура и методика наблюдений методом ДЭМЗ
24. Использование токовых сигналов различной формы в ДЭМЗ
25. Одномерная, двухмерная и трёхмерная инверсия данных ДЭМЗ
26. Результаты ДЭМЗ на газовом месторождении на шельфе Австралии
27. ДЭМЗ при изучении месторождений углеводородов и газогидратов
28. Влияние водного слоя на результаты донных МТЗ
29. МТ поле над геоэлектрической неоднородностью типа горста
30. Береговой и островной эффекты в МТ поле
31. Аппаратура и методика наблюдений методом донных МТЗ
32. Результаты МТЗ на газовом месторождении в Мексиканском заливе
33. Технологии электроразведки при изучении транзитной зоны
34. Результаты ДЭМЗ в северо-восточной части Тихого океана
35. «Солевой мост» для измерения электрического поля
36. Результаты МТЗ в северо-восточной части Тихого океана
37. Астеносфера в свете МТ данных
38. МТЗ с использованием глубоководных кабелей
39. Магнитовариационные зондирования
40. Методика и результаты ДЭМЗ в районе хребта Рейкьянес
41. Методика и результаты ДЭМЗ в районе хребта Валу Фа

42. Применение МТЗ при изучении Восточно-Тихоокеанского поднятия
43. МТ исследования на Дальнем Востоке и в Японском море
44. Геоэлектрическое строение Каскадной зоны субдукции
45. МТ исследования активных и пассивных континентальных окраин

6.3. Шкала и критерии оценивания

Результаты обучения, соответствующие виды оценочных средств	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания особенностей устройства аппаратуры для акваторной электроразведки и методики проведения работ; закономерностей пространственного распределения электромагнитных полей естественных и искусственных источников в морях и океанах, реках и озёрах; основных черт их глубинного и приповерхностного геоэлектрического строения <i>(письменный или устный опрос)</i>	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения выбрать оптимальную методику акваторной электроразведки, проконтролировать проведение наблюдений, выполнить обработку и интерпретацию данных, а также геологическое истолкование построенных геоэлектрических моделей <i>(письменный или устный опрос)</i>	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает не принципиальные неточности	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы	Успешное умение
Навыки владения методами регистрации, обработки и интерпретации данных акваторной электроразведки для получения информации о строении срединно-океанических хребтов, абиссальных равнин и зон субдукции, нефтеперспективных шельфовых зон, а также верхней части разреза как объекта инженерно-геологических изысканий <i>(письменный или устный опрос)</i>	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки	Свободное владение и использование

7. Ресурсное обеспечение.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная

1. Модин И.Н., Пушкарев П.Ю. Электроразведка на морских и пресноводных акваториях. Москва, ПолиПРЕСС, 2024. 426 с.
2. Бердичевский М.Н., Жданова О.Н., Жданов М.С. Глубинная геоэлектрика в Океане. М.: Наука, 1989. 80 с.
3. Ваньян Л.Л., Шиловский П.П. Глубинная электропроводность океанов и континентов. М.: Наука, 1983. 88 с.
4. Инструкция по электроразведке: наземная, скважинная, шахтно-рудничная, аэро-, морская электроразведка. Л.: Недра, 1984. 352 с.
5. Жданов М.С. Геофизическая электромагнитная теория и методы. М.: Научный мир, 2012. 680 с.

Дополнительная

1. Литвинов Э.М. Введение в морскую геофизику. С-Пб.: Недра, 1993. 184 с.
2. Морские геофизические исследования. Ред. Маловицкий Я.П. М.: Недра, 1977. 375 с.
3. Калинин В.В., Калинин А.В., Модин И.Н., Мусатов А.А., Владов М.Л. Результаты комплексных геофизических исследований на акватории р. Москвы. Инженерная геология, 1985, № 2, с. 98-107.
4. Бобачев А.А., Волков С.И., Коларов Д.Л., Модин И.Н., Мюллер А., Перваго Е.В., Шевнин В.А. Комплексные акваторные электроразведочные исследования в восточной части Германии. Разведка и охрана недр, 2004, № 5, с. 22 – 27.
5. Бобачев А.А., Зайцев Д.А., Модин И.Н. Электрометрические исследования на территории хвостохранилища горно-обогатительного комбината. Разведка и охрана недр, 2006, № 12.
6. Модин И.Н., Андреев М.А., Акуленко С.А., Аржанцева И.А., Кац М.Я. Геофизические исследования на острове Пор-Бажын в республике Тува. Вестник Московского университета, Серия 4 «Геология», 2010, 8 с.
7. Андреев М.А., Большаков Д.К., Комаров О.И., Модин И.Н. Электрометрические исследования на переходах трасс проектируемых трубопроводов через водные преграды методом ННБ. Трубопроводный транспорт, 2009, № 2(14), с. 23-25.
8. Владов М.Л., Калинин А.В., Калинин В.В., Модин И.Н., Мусатов А.А. Методика, техника и результаты комплексных геофизических исследований на акватории р. Москвы. В книге: «Геологические проблемы Московской агломерации». Изд-во Моск. ун-та, 1991, с. 80-137.

8. Язык преподавания: русский.

9. Преподаватели: Ответственный за дисциплину проф. Пушкарев, преподаватели - проф. Модин И.Н., проф. Пушкарев П.Ю.

10. Разработчики программы: проф. Модин И.Н., проф. Пушкарев П.Ю.