

ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Морская электроразведка

**Рекомендуется для направления подготовки
020700 «Геология», магистерская программа
«Глубинная геофизика»**

Квалификация (степень) выпускника: магистр

DISCIPLINE PLAN

Marine Electromagnetic Prospecting

Recommended for training programme

020700 «Geology», master program

«Deep Exploration Geophysics»

Qualification (degree) of the graduate: Master

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Морская электроразведка» является получение знаний об аппаратуре и методике морских наблюдений, об особенностях обработки и интерпретации данных морской электроразведки, а также о геоэлектрическом строении океанов и морей. На основе этих знаний можно самостоятельно организовывать морские электроразведочные работы, от наблюдений до интерпретации данных, и контролировать их проведение.

1. Goals and objectives of study

The goal of study of the discipline «Marine electromagnetic prospecting» is gaining knowledge about equipment and technologies of marine observations, about marine electromagnetic data processing and interpretation, as well as about geoelectric structure of oceans and seas. On the basis of this knowledge it is possible to organize and supervise marine electromagnetic surveys, from data acquisition to interpretation.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Морская электроразведка» читается в рамках магистерской программы «Глубинная геофизика». Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин из базовой и вариативной частей ООП бакалавриата: блока общепрофессиональной подготовки (дисциплины «Общая геология», «Геотектоника», «Геология и геохимия нефти и газа») и блока профильной подготовки (дисциплины «Электроразведка», «Интерпретация данных электроразведки», «Геотермия»). Также дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплины «Теория электромагнитных зондирований» (вариативная часть ООП магистратуры).

2. Discipline as a part of the curriculum

The discipline «Marine electromagnetic prospecting» is studied in the framework of masters program «Deep Exploration Geophysics». The discipline is based on knowledge, obtained while studying the disciplines from fundamental and optional parts of the bachelors BEP: from the block of general professional training (disciplines «General geology», «Geotectonics», «Geology and geochemistry of oil and gas») and from the block of profile training (disciplines «Electrical prospecting», «Interpretation of electrical prospecting data», «Geothermics»). The discipline is also based on knowledge obtained while studying the discipline «Theory of electromagnetic soundings» (optional part of masters BEP).

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В процессе изучения дисциплины «Морская электроразведка» формируются элементы следующих профессиональных компетенций:

- способность глубоко осмысливать и формировать диагностические решения проблем геологии путем интеграции фундаментальных разделов геофизики и специализированных геологических знаний (М-ПК-1);

- способность самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области геофизики и решать их с помощью современной аппаратуры, оборудования, информационных технологий, с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта (М-ПК-2);

- способность использовать углубленные специализированные профессиональные теоретические и практические знания для проведения геофизических исследований (М-ПК-4);

- способность к профессиональной эксплуатации современного геофизического полевого и лабораторного оборудования и приборов (М-ПК-5);

- способность свободно и творчески пользоваться современными методами обработки и интерпретации комплексной геофизической информации для решения научных и практических задач, в том числе находящихся за пределами непосредственной сферы деятельности (М-ПК-6);

- готовность к использованию практических навыков организации и управления научно-исследовательскими и научно-производственными работами при решении задач геофизики (М-ПК-7);
- готовность к проектированию комплексных научно-исследовательских и научно-производственных работ при решении геофизических задач (М-ПК-10).

В результате освоения дисциплины «Морская электроразведка» обучающийся должен:

знать особенности устройства аппаратуры для морской электроразведки и методики проведения работ; закономерности пространственного распределения электромагнитных полей естественных и искусственных источников в океанах и морях; основные черты геоэлектрического строения океанов и морей; основные термины на английском языке;

уметь выбрать оптимальную методику морской электроразведки, проконтролировать проведение наблюдений, выполнить обработку и интерпретацию данных, а также геологическое истолкование построенных геоэлектрических моделей;

владеть методами регистрации, обработки и интерпретации данных морской электроразведки для получения информации о строении нефтеперспективных шельфовых зон, а также срединно-океанических хребтов, абиссальных равнин и зон субдукции.

3. Discipline requirements

The result of studying the discipline «Marine electromagnetic prospecting» is the formation of the following professional competences:

- the ability to deeply comprehend and generate diagnostic solutions to geological problems by integrating the fundamentals of geophysics and specific geological knowledge (M-PC-1);
- the ability to independently set specific objectives in the field of scientific research in geophysics, and solve them using modern facilities, equipment, information technologies, most recent experience of domestic and foreign researchers (M-PC-2);
- the ability to use advanced specialized professional theoretical and practical knowledge to carry out geophysical research (M-PC-4);
- the ability to professionally use modern geophysical field and laboratory equipment and devices (M-PC-5);
- the ability to freely and creatively use modern methods of processing and interpretation of complex geophysical data in order to solve scientific and practical problems, including those out of the professional scope (M-PC-6);
- willingness to use practical skills of organization and management of research and research-based work aiming at solving the problems of geophysics (M-PC-7);
- readiness to design complex research and scientific-production projects for solving geophysical problems (M-PC-10).

As a result of studying the discipline «Marine electromagnetic prospecting» the student must:

know the structure of equipment for marine electromagnetic prospecting and the technologies of data acquisition; the features of spatial distribution of natural and controlled-source electromagnetic fields in oceans and seas; the general characteristics of resistivity structure of oceans and seas; the principal terms in English;

be able to select an optimal method and technology of marine electromagnetic prospecting, supervise field observations, process and interpret the data, give geological explanation of the obtained resistivity models;

master the methods for marine electromagnetic data acquisition, processing and interpretation to obtain the information about hydrocarbon prospective shelf zones, mid-ocean ridges, abyssal plains and subduction zones.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Морская электроразведка» составляет 2 зачётные единицы или 72 часа, в том числе аудиторной нагрузки 28 часов (лекции 14 часов и семинары 14 часов) и самостоятельной работы студентов 44 часа.

4.1. Структура дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (трудоемкость в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				лекции	семинары	практические занятия	лабораторные работы	самостоятельная работа		
1	Особенности технологии донных МТЗ	11	1-2	2	2			6		
2	Интерпретация аномалий МТ-поля в океане	11	3-4	2	2			6		
3	Результаты МТЗ в океане	11	5-6	2	2			7		
4	Результаты МТЗ в прибрежных зонах	11	7-8	2	2			6	Контрольная работа	
5	Основы теории и технология метода донных ЧЗ	11	9-10	2	2			6		
6	Примеры применения и результаты донных ЧЗ	11	11-12	2	2			7		
7	Морские исследования методом ЗС	11	13-14	2	2			6	Контрольная работа	
Промежуточная аттестация		11							Экзамен	
Всего: 2 ЗЕ или 72 часа						14	14		44	

4.2. Содержание дисциплины

(1). Особенности технологии донных МТЗ (магнитотеллурических зондирований)

- Влияние проводящей водной толщи;
- Источники и способы подавления помех;
- Особенности аппаратуры и методики работ;
- Способы регистрации длиннопериодных вариаций.

(2). Интерпретация аномалий МТ-поля в океане

- МТ-поле в горизонтально-неоднородных средах;
- Геоэлектрическая неоднородность типа горста;
- Береговой и островной эффекты;
- Граф обработки и интерпретации МТ-данных.

(3). Результаты МТЗ в океане

- Первые МТЗ в северной части Тихого океана;
- Глубинное геоэлектрическое строение океанов;
- МТ-исследования срединно-океанических хребтов;

- Донные МТЗ в нефтегазовых исследованиях.

(4). Результаты МТЗ в прибрежных зонах

- МТЗ на Дальнем Востоке СССР;
- МТЗ на профиле через Японское море;
- МТЗ в Каскадной зоне субдукции;
- МТЗ на западном побережье Никарагуа.

(5). Основы теории и технология метода донных ЧЗ (частотных зондирований)

- Прямая одномерная задача метода ЧЗ;
- Вертикальный и горизонтальный скин-эффект;
- Кажущееся сопротивление в методе ДЧЗ;
- Аппаратура и методика работ.

(6). Примеры применения и результаты донных ЧЗ

- Геоэлектрическое строение океанической коры;
- Донные ЧЗ при изучении океанических рифтов;
- Донные ЧЗ в нефтегазовых исследованиях;
- Малоглубинные частотные зондирования.

(7). Морские исследования методом ЗС (зондирований становлением поля)

- Аппаратура и методика проведения работ;
- Расчет кривых становления поля для поляризующихся сред;
- Методика выделения высокочастотной составляющей сигнала;
- Современное состояние метода морских ЗС.

4. The structure and content of the discipline

Overall study of the discipline «Marine electromagnetic prospecting» content is 2 credits or 72 hours, including 28 hours of classes (lectures 14 hours plus seminars 14 hours) and 44 hours of independent work of students.

4.1. Discipline structure

Number	Section of the discipline	Semester	Week of the semester	Kinds of study activities, including independent work of students (labor content in hours)					Forms of progress control (in weeks of semester) Form of intermediate assessment (in semesters)
				lectures	seminars	practical work	laboratory work	independent work	
1	Technology of marine MT soundings	11	1-2	2	2			6	
2	Interpretation of the oceanic MT anomalies	11	3-4	2	2			6	
3	Results of MT soundings in the oceans	11	5-6	2	2			7	
4	Results of MT soundings in coastal zones	11	7-8	2	2			6	Written test
5	Theoretical basics and tech-	11	9-	2	2			6	

	nology of FD CSEM method		10						
6	Case histories and results of FD CSEM	11	11-12	2	2			7	
7	Marine TD CSEM investigations	11	13-14	2	2			6	Written test
Intermediate assessment		11							Examination
In total: 2 credits or 72 hours				14	14			44	

4.2. Discipline contents

(1). Technology of marine MT (magnetotelluric) soundings

- The influence of conductive water layer;
- Noise sources and methods for its depression;
- Equipment structure and observation technology;
- Methods for long-period variations registration.

(2). Interpretation of the oceanic MT anomalies

- MT field in horizontally inhomogeneous medium;
- Geoelectric inhomogeneity of a horst type;
- Coastal and island effects;
- MT data processing and interpretation graph.

(3). Results of MT soundings in the oceans

- First MT soundings in the Northern Pacific;
- Deep resistivity structure of the oceans;
- MT investigations of mid-ocean ridges;
- Marine MT exploration for oil and gas.

(4). Results of MT soundings in coastal zones

- MT soundings in the Far East of the USSR;
- MT soundings on the profile across the Sea of Japan;
- MT soundings in the Cascadia subduction zone;
- MT soundings on the west coast of Nicaragua.

(5). Theoretical basics and technology of FD CSEM (frequency-domain controlled-source electromagnetic) method

- Forward one-dimensional problem of FD CSEM method;
- Vertical and horizontal skin-effect;
- Apparent resistivity in FD CSEM method;
- Equipment and observation technology.

(6). Case histories and results of FD CSEM

- Resistivity structure of the oceanic crust;
- Marine FD CSEM investigations of oceanic rift zones;
- Marine FD CSEM exploration for oil and gas;
- Near surface FD CSEM studies.

(7). Marine TD CSEM (time-domain controlled-source electromagnetic) investigations

- Equipment and observation technology;
- Calculation of transient sounding curves for polarizable medium;
- Method for the extraction of high-frequency signal component;
- Marine TD CSEM state of the art.

5. Рекомендуемые технологии

При реализации программы дисциплины «Морская электроразведка» используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия (28 часов) включают лекции, в том числе интерактивные и с демонстрацией слайдов, а также семинары. Самостоятельная работа студентов (44 часа) включает повторение лекций и изучение дополнительных материалов, подготовку к контрольным работам и к экзамену.

5. Recommended methodology

Different educational technologies are used during the implementation of «Marine electromagnetic prospecting» discipline program. Class works (28 hours) include lectures, some of which are interactive or with slides demonstration, and several seminars. Independent work of students (44 hours) includes revision of lecture and additional materials, preparation to written tests and to the examination.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Для стимулирования самостоятельной работы студентов в течение семестра проводятся две письменные контрольные работы. Успешно написавшие контрольные работы студенты допускаются к экзамену.

Список вопросов к экзамену:

1. Полезные ископаемые морей и океанов
2. Особенности различных методов морской электроразведки
3. Влияние водного слоя на МТ поле
4. Аппаратура и методика проведения работ методом донных МТЗ
5. Способы регистрации длиннопериодных вариаций МТ-поля
6. МТ-поле в горизонтально-неоднородных средах;
7. МТ поле над геоэлектрической неоднородностью типа горста
8. Береговой и островной эффекты
9. Геоэлектрическое строение верхней мантии Земли под океанами
10. Применение МТЗ при изучении океанических рифтов и в нефтегазовых исследованиях
11. Результаты МТЗ в прибрежных зонах
12. Вертикальный и горизонтальный скин-эффект в методах ЧЗ и ДЧЗ
13. Кажущееся сопротивление в методе ДЧЗ
14. Аппаратура и методика наблюдений методом ДЧЗ
15. Геологическое и геоэлектрическое строение земной коры океанов
16. Методика и результаты ДЧЗ в рифтовых зонах океанов
17. ДЧЗ в нефтегазовых исследованиях
18. Аппаратура и методика проведения морских работ методом ЗС
19. Расчет кривых ЗС для поляризующихся сред
20. Технология высокоразрешающей электроразведки

6. Marking for current performance control and interim assessment during and at the end of the course

For the stimulation of the independent work of students during the semester, three small written tests are conducted. Those who successfully pass these tests are allowed to take the examination.

The list of questions for the examination:

1. Mineral deposits in the seas and oceans
2. Special features of marine electromagnetic prospecting methods
3. The influence of water layer on MT field
4. Marine MT equipment and observation technology
5. Methods for long-period MT field variations registration
6. MT field in horizontally inhomogeneous medium
7. MT field above the geoelectric inhomogeneity of a horst type

8. Coastal and island effects
9. Resistivity structure of the Earth's mantle beneath the oceans
10. Application of MT soundings for oceanic rifts studies and hydrocarbon exploration
11. Results of MT soundings in coastal zones
12. Vertical and horizontal skin-effect in on-shore and marine FD CSEM soundings
13. Apparent resistivity in FD CSEM method
14. FD CSEM equipment and observation technology
15. Geological and geoelectrical structure of the oceanic crust
16. Application of FD CSEM method in oceanic rift zones
17. FD CSEM exploration for oil and gas
18. TD CSEM equipment and data acquisition technologies
19. Calculation of TD CSEM sounding curves for polarizable medium
20. High-resolution electromagnetic prospecting technology

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7. Methodological and informational support

а) основная литература:

а) primary list of books:

1. Бердичевский М.Н., Жданова О.Н., Жданов М.С. Глубинная геоэлектрика в Океане. М.: Наука, 1989. 80 с.
2. Ваньян Л.Л., Шиловский П.П. Глубинная электропроводность океанов и континентов. М.: Наука, 1983. 88 с.
3. Инструкция по электроразведке: наземная, скважинная, шахтно-рудничная, аэро-, морская электроразведка. Л.: Недра, 1984. 352 с.
4. Жданов М.С. Геофизическая электромагнитная теория и методы. М.: Научный мир, 2012. 680 с.

б) дополнительная литература:

б) secondary list of books:

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. Сочельников В.В. Основы теории естественного электромагнитного поля в море. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 216 с.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для материально-технического обеспечения дисциплины «Морская электроразведка» используются лекционные аудитории и библиотека геологического факультета МГУ.

8. Necessary facilities and equipment

For the material and technical support of the discipline «Marine electromagnetic prospecting» lecture rooms and the library of the Faculty of geology of MSU are used.

9. Краткое содержание дисциплины (аннотация)

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.

9. Discipline content (annotation)

We discuss marine modifications of electromagnetic sounding methods (magnetotelluric, controlled-source in frequency and time domain), applied in the oceans and seas to study their

deep structure and for hydrocarbon prognosis. Features of electromagnetic field in marine environment are analyzed. Equipment, observation technologies, data processing and acquisition are considered. Resistivity models of oceanic abyssal plains, mid-ocean ridges, subduction zones are presented. Possibilities of electromagnetic methods in hydrocarbon exploration are discussed.

10. Учебно-методические рекомендации для обеспечения самостоятельной работы студентов

Темы для самостоятельной работы студентов

Морской магнитотеллурический метод:

- Основные характеристики донного электромагнитного оборудования;
- Сравнение наземных и донных электромагнитных аномалий;
- Практический пример: морские МТ исследования в Мексиканском заливе.

Морские электромагнитные методы с использованием управляемого источника:

- Электроразведка на мелководье;
- Электроразведка на больших глубинах и в океанах;
- Использование морского метода ЭМ зондирования с управляемым источником для морской разведки нефти и газа;
- Интерпретация данных метода морского ЭМ зондирования с управляемым источником;
- Практический пример: итерационная миграция данных морского ЭМ зондирования с управляемым источником для газовой провинции Тролль.

10. Educational and methodological recommendations for self-study

Topics for independent work of students

Marine magnetotelluric method:

- Main characteristic of seafloor electromagnetic equipment;
- Comparison between land and sea-bottom electromagnetic anomalies;
- Case study: marine magnetotellurics in the Gulf of Mexico.

Marine controlled-source electromagnetic methods:

- Electrical exploration in shallow water;
- Electrical exploration beneath deep oceans;
- Marine CSEM method for offshore petroleum exploration;
- Interpretation of marine CSEM data;
- Case study: iterative migration of Troll Gas Province marine CSEM data.

Разработчики:

Геологический факультет МГУ (место работы)	доцент (занимаемая должность)	П.Ю. Пушкарев (инициалы, фамилия)
Рабочий телефон, мобильный телефон, e-mail: 8(495)939-4912, 8(905)703-7950, pavel_pushkarev@list.ru		

Эксперты:

Геологический факультет МГУ (место работы)	доцент (занимаемая должность)	В.А. Куликов (инициалы, фамилия)
Институт океанологии РАН (место работы)	научный сотрудник (занимаемая должность)	Д.А. Алексеев (инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании Ученого совета Геологического факультета МГУ (протокол № _____ от _____).

Developers:

Geological faculty of MSU	Associate professor	P.Yu. Pushkarev
---------------------------	---------------------	-----------------

(place of work) (position) (initials, surname)
Office phone number, mobile phone number, e-mail:
8(495)939-4912, 8(905)703-7950, pavel_pushkarev@list.ru

Experts:

Geological faculty of MSU Associate professor V.A. Kulikov
(place of work) (position) (initials, surname)

Institute of Oceanology of RAS Researcher D.A. Alekseev
(place of work) (position) (initials, surname)

The program has been approved by Academic Council of Faculty of Geology of MSU
(protocol No. _____ from _____).