

## **ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Практическая магнитотеллурика**

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

**Квалификация (степень) выпускника: магистр**

## **DISCIPLINE PLAN**

### **Practical magnetotellurics**

**Recommended for training programme**

**020700 «Geology», master program**

**«Deep Exploration Geophysics»**

Qualification (degree) of the graduate: Master

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Практическая магнитотеллурика» являются получение знаний об особенностях применения магнитотеллурики при решении различных геологических задач и приобретение навыков использования и развития методов и программного обеспечения для обработки и интерпретации магнитотеллурических данных.

## **1. Goals and objectives of study**

The goals of study of the discipline «Practical magnetotellurics» are gaining knowledge about application of magnetotellurics to solve different geological problems and acquirement of practical skills in usage and development of methods and software for magnetotelluric data processing and interpretation.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Практическая магнитотеллурика» читается в рамках магистерской программы «Глубинная геофизика» профиля «Геофизика». Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин из базовой и вариативной частей ООП бакалавриата: блока общенаучной подготовки (математические дисциплины «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятности и математическая статистика», «Вычислительная математика», «Информатика») и блока профильной подготовки (геофизические дисциплины «Теория геофизических полей», «Радиоэлектроника», «Электроразведка», «Некорректные задачи геофизики», «Интерпретация данных электроразведки»). В наибольшей степени 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 «Practical magnetotellurics» 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 science training (mathematical disciplines «Mathematical analysis», «Differential equations», «Probability theory and mathematical statistics», «Numerical methods», «Computer science») and from the block of profile training (geophysical disciplines «Geophysical field theory», «Radio electronics», «Electrical prospecting», «Ill-posed problems in geophysics», «Interpretation of electrical prospecting data»). To a considerable degree the discipline is 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 «Практическая магнитотеллурика» 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 «Практическая магнитотеллурика» обучающийся должен:

знать особенности применения и возможности магнитотеллурики при глубинных, малоглубинных, нефтегазовых и геотермальных исследованиях;

уметь проводить измерения, обработку, анализ и интерпретацию магнитотеллурических данных;

владеть навыками применения и развития методов и программного обеспечения для обработки и анализа данных, решения прямых и обратных задач магнитотеллурики.

### 3. Discipline requirements

The result of studying the discipline «Practical magnetotellurics» 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 «Practical magnetotellurics» the student must:

know the application specifics and possibilities of magnetotellurics in regional, near surface, hydrocarbon and geothermal exploration;

be able to acquire, process, analyze and interpret magnetotelluric data;

master the application and development of methods and software for data processing and analysis, for the solution of forward and inverse problems of magnetotellurics.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Практическая магнитотеллурика» составляет 3 зачётные единицы или 108 часов, в том числе аудиторной нагрузки 36 часов (лекции 12 часов, практические занятия 12 часов и семинары 12 часов) и самостоятельной работы студентов 72 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	Основы измерения электрических сигналов	10	1	2		2		8	Прием практич. заданий
2	Обработка магнитотеллурических данных	10	2		2	2		8	Прием практич. заданий
3	Обсерваторские наблюдения электромагнитного поля	10	3	2				4	
4	Одномерная прямая задача МТЗ	10	4	2		2		8	Прием практич. заданий
5	Трансформации кривых МТЗ	10	5		2	2		8	Прием практич. заданий
6	Построение и S-интерпретация кривых МТЗ	10	6	2		2		8	Прием практич. заданий
7	Моделирование МТ-поля в двумерной среде	10	7		2	2		8	Прием практич. заданий
8	Инверсия синтетических МТ-данных	10	8		2			4	
9	Глубинные МТ исследования	10	9	2				4	
10	Малоглубинные электромагнитные исследования	10	10		2			4	
11	Нефтегазовые электромагнитные исследования	10	11	2				4	
12	Геотермальные МТ исследования	10	12		2			4	
Промежуточная аттестация		10							Экзамен
Всего: 3 ЗЕ или 108 часов					12	12	12	72	

##### 4.2. Содержание дисциплины

###### (1). Основы измерения электрических сигналов

1. Фильтр ФНЧ. Схема. Расчет частоты среза.
2. Фильтр ФВЧ. Схема. Расчет частоты среза.

3. Операционный усилитель. Схемы включения (дифференциальный вход, повторитель).
4. Согласование каскадов систем измерения по входному/выходному сопротивлению.
5. Градуировочная кривая, АЧХ измерительного канала.

## **(2). Обработка магнитотеллурических данных**

1. Способы получения спектральных характеристик измеренных сигналов.
2. Построение импедансных оценок. Импеданс как частотная характеристика разреза.
3. Отбраковка и осреднение кривых компонент тензора импеданса.
4. Одноточечная и синхронная обработка данных.

## **(3). Обсерваторские наблюдения электромагнитного поля**

1. Аппаратура для измерения параметров электромагнитного поля в обсерватории.
2. Устройство и особенности функционирования геомагнитной обсерватории.
3. Сети геомагнитных обсерваторий и мировые центры данных.
4. Области использования обсерваторских данных.

## **(4). Одномерная прямая задача МТЗ**

1. Уравнения, описывающие МТ поле в горизонтально-однородной среде.
2. Плоское поле в однородном полупространстве. Длина волны, толщина скин-слоя.
3. Амплитудные и фазовые кривые МТЗ, их связь друг с другом.
4. Рекуррентная формула для расчета импеданса на поверхности слоистой среды.
5. Особенности прямых одномерных задач методов электромагнитного зондирования.

## **(5). Трансформации кривых МТЗ**

1. Определение интегральных характеристик среды по кривым МТЗ.
2. Отличие методов трансформации от методов интерпретации.
3. Трансформация Ниблетта.
4. Трансформации Молочнова – Ле Вьета и Шмукера – Ле Вьета.
5. Связь алгебраических и дифференциальных трансформаций.

## **(6). Построение и S-интерпретация кривых МТЗ**

1. Тензор импеданса, эффективный импеданс.
2. Выбор оптимального параметра сглаживания кривых МТЗ.
3. Гальванические и индукционные искажения кривых МТЗ.
4. Идея метода контролируемой трансформации.
5. Эквивалентные разрезы, зависимости интегральной проводимости от глубины.

## **(7). Моделирование МТ-поля в двумерной среде**

1. Методы решения прямых задач электроразведки, математическое моделирование.
2. Е- и Н-поляризации, механизмы образования аномалий.
3. Постановка краевой задачи, её конечно-разностная аппроксимация.
4. Контроль точности моделирования.
5. Сопоставление Е- и Н-поляризованных, локально-нормальной и фоновых кривых.

## **(8). Инверсия синтетических МТ данных**

1. Методы анализа и инверсии МТ данных. Выбор стратегии интерпретации МТ данных.
2. Использование синтетических данных для развития методики интерпретации.
3. Двухмерная инверсия МТ данных при наличии трёхмерных структур.
4. Трёхмерная инверсия МТ данных, полученных на одиночном профиле.

## **(9). Глубинные МТ исследования**

1. Методы исследования мантийной электропроводности.
2. Результаты глобальных и региональных исследований мантийной электропроводности.

3. Спутниковые наблюдения геомагнитного поля.
4. Природа коровых аномалий электропроводности.
5. Результаты изучения коровых аномалий электропроводности Северной Евразии.

**(10). Малоглубинные электромагнитные исследования**

1. Аппаратура и методика Аудио-МТЗ и Радио-МТЗ.
2. Возможности ЭМЗ при решении различных малоглубинных задач.
3. Применение ЭМЗ при изысканиях под строительство ЭЖД в Куэнке (Испания).
4. Применение Аудио-МТЗ при прогнозе подземных вод в Истмии (Греция).

**(11). Нефтегазовые электромагнитные исследования**

1. Задачи, решаемые ЭМ методами при нефтегазовых исследованиях.
2. МТ исследования по опорным и региональным профилям.
3. МТ исследования на Таймыре.
4. МТ исследования в Прикаспийской впадине.
5. Применение метода вызванной поляризации для картирования углеводородов.

**(12). Геотермальные МТ исследования**

1. Физические основы применения МТЗ для изучения геотермальных ресурсов.
2. Геоэлектрическая модель типичной геотермальной зоны и методика интерпретации.
3. МТ исследования геотермальной зоны Хенгил (Исландия).
4. МТ исследования геотермальной зоны Травале (Италия).
5. Возможности МТЗ при изучении геотермальных ресурсов платформенных областей.

**4. The structure and content of the discipline**

Overall study of the discipline «Practical magnetotellurics» content is 3 credits or 108 hours, including 36 hours of classes (lectures 12 hours plus practical work 12 hours plus seminars 12 hours) and 72 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	Basics of electric signal measurements	10	1	2		2		8	Practical task
2	Magnetotelluric data processing	10	2		2	2		8	Practical task
3	Observatory measurements of electromagnetic field	10	3	2				4	
4	1D forward problem of MT soundings	10	4	2		2		8	Practical task
5	Transformations of MT sounding curves	10	5		2	2		8	Practical task
6	Construction and S-	10	6	2		2		8	Practical task

	interpretation of MT curves								
7	2D MT field modeling	10	7		2	2		8	Practical task
8	Inversion of synthetic MT data	10	8		2			4	
9	Regional MT studies	10	9	2				4	
10	Near surface electromagnetic studies	10	10		2			4	
11	Hydrocarbon electromagnetic exploration	10	11	2				4	
12	Geothermal MT exploration	10	12		2			4	
Intermediate assessment		10							Examination
In total: 3 credits or 108 hours				12	12	12		72	

## 4.2. Discipline contents

### (1). Basic of electric signal measurements

1. Low-pass filter. Scheme. Determination of cutoff frequency.
2. High-pass filter. Scheme. Determination of cutoff frequency.
3. Operational amplifier. Switching on schemes (differential input, repeater).
4. Measurement system cascades matching in input/output resistance.
5. Calibration curve, amplitude-frequency characteristic of a measuring channel.

### (2). Magnetotelluric data processing

1. Methods for calculation of measuring channel spectral characteristics.
2. Impedance estimation. Impedance as a frequency response of a medium.
3. Editing and averaging of impedance tensor component curves.
4. Single site and remote reference data processing.

### (3). Observatory measurement of electromagnetic field

1. Equipment for electromagnetic field parameters measurements in an observatory.
2. Structure and operation of a geomagnetic observatory.
3. Geomagnetic observatory networks and world data centers.
4. Fields of application of observatory data.

### (4). 1D forward problem of MT soundings

1. Equations of MT field in horizontally-homogeneous medium.
2. Plane wave in a homogeneous half-space. Wavelength, skin depth.
3. Amplitude and phase MT curves, their connection with each other.
4. Recurrent formula for calculation of impedance on the surface of a layered medium.
5. Specifics of 1D forward problems of electromagnetic soundings.

### (5). Transformation of MT sounding curves

1. Determination of integral parameters of the medium using MT sounding curves.
2. Difference between transformation and interpretation methods.
3. Niblett transformation.
4. Molochnov – Le Viet and Schmuker – Le Viet transformations.
5. Relation between algebraic and differential transforms.

### (6). Construction and S-interpretation of MT curves

1. Impedance tensor, determinant impedance.



2. Selection of an optimal value of MT curve smoothing parameter.
3. Galvanic and inductive distortions of MT curves.
4. The concept of controlled transformation method.
5. Equivalent models, dependence of integral conductance from depth.

#### **(7). 2D MT field modeling**

1. Methods for solution of electromagnetic methods forward problems, numerical modeling.
2. TE- and TM-modes, mechanisms of anomalies formation.
3. Boundary problem statement and finite-difference approximation.
4. Modeling accuracy control.
5. Comparison of TE- and TM-polarized, locally normal and background curves.

#### **(8). Inversion of synthetic MT data**

1. Methods for MT data analysis and inversion. Selection of MT data interpretation strategy.
2. Application of synthetic data for the development of interpretation methodology.
3. 2D MT data inversion in presence of 3D structures.
4. 3D inversion of MT data, obtained at a single profile.

#### **(9). Regional MT studies**

1. Methods for mantle conductivity studies.
2. Results of global and regional mantle conductivity studies.
3. Satellite observations of geomagnetic field.
4. Nature of crustal conductivity anomalies.
5. Results of studies of crustal conductivity anomalies in Northern Eurasia.

#### **(10). Near surface electromagnetic studies**

1. Equipment and technologies of Audio- and Radio-magnetotellurics.
2. Possibilities of electromagnetic soundings in near surface problems solution.
3. EM soundings for engineering study prior to construction of railroad near Cuenca (Spain).
4. Audio-MT soundings for groundwater prognosis in Isthmia (Greece).

#### **(11). Hydrocarbon electromagnetic exploration**

1. Problems solved by EM methods in hydrocarbon studies.
2. MT soundings along regional profiles.
3. MT soundings in Taymyr peninsula.
4. MT soundings in Precaspian depression.
5. Application of induced polarization method for hydrocarbon mapping.

#### **(12). Geothermal MT exploration**

1. Physical basics of MT method application for geothermal resources exploration.
2. Resistivity model of a typical geothermal zone and interpretation methodology.
3. MT studies of Hengill geothermal zone (Iceland).
4. MT studies of Travale geothermal zone (Italy).
5. Possibilities of MT method in studies of geothermal resources of platform regions.

### **5. Рекомендуемые технологии**

При реализации программы дисциплины «Практическая магнитотеллурика» используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия (36 часов) включают лекции, в том числе интерактивные и с демонстрацией слайдов, а также практические занятия и семинары. Самостоятельная работа студентов (108 часов) включает повторение материалов лекций, подготовку к семинарам, выполнение практических заданий, а также подготовку к экзамену.

## **5. Recommended methodology**

Different educational technologies are used during the implementation of «Practical magnetotellurics» discipline program. Class works (36 hours) include lectures, some of which are interactive or with slides demonstration, as well as practical tasks and seminars. Independent work of students (108 hours) includes revision of lecture materials, preparation to seminars, practical tasks solutions and preparation to the examination.

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

Выполнившие практические задания студенты допускаются к экзамену. Список вопросов к экзамену совпадает с приведённым выше списком тем, представленных в разделе 4.2.

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

Students who solved all practical tasks are allowed to pass the examination. The list of questions for the examination coincides with the list of topics, presented above in section 4.2.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7. Methodological and informational support**

#### **а) основная литература:**

##### **а) primary list of books:**

1. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Магнитотеллурическое зондирование горизонтально-однородных сред. Москва, Недра, 1992, 250 с.
2. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И., Новиков Д.Б., Пастуцан В.В. Анализ и интерпретация магнитотеллурических данных. Москва, Диалог-МГУ, 1997, 161 с.

#### **б) дополнительная литература:**

##### **б) secondary list of books:**

1. Бобровников Л.З., Кадыров И.Н., Попов В.А. Электроразведочная аппаратура и оборудование. М.: Недра, 1985. 336 с.
2. Семёнов В.Ю. Обработка данных магнитотеллурического зондирования. М.: Недра, 1985. 133 с.
3. Нечаев С.А. Руководство для стационарных геомагнитных наблюдений. Иркутск: ИСЗФ СО РАН, 2003. 92 с.
4. Пушкарев П.Ю., Яковлев А.Г. Одномерная прямая задача МТЗ. М: МГУ, 1999. 17 с.
5. Пушкарев П.Ю., Яковлев А.Г. Трансформации кривых МТЗ. М: МГУ, 1999. 14 с.
6. Пушкарев П.Ю., Яковлев А.Г. Построение и S-интерпретация кривых МТЗ. М: МГУ, 1999. 14 с.
7. Пушкарев П.Ю., Яковлев А.Г. Моделирование МТ-поля в двумерной среде методом конечных разностей. М: МГУ, 1999. 26 с.
8. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. М: Научный мир, 2009, 680 с.
9. Жданов М.С. Геофизическая электромагнитная теория и методы. М: Научный мир, 2012. 680 с.
10. Chave A.D., Jones A.G. (Editors). The magnetotelluric method: Theory and practice. Cambridge University Press, 2012. 552 p.
11. Bahr K., Simpson F. Practical magnetotellurics. Cambridge University Press, 2005. 270 p.

#### **в) Программное обеспечение:**

##### **с) software and Internet resources:**

1. МТ-Corrector – программа редактирования и сглаживания кривых МТЗ;
2. МТS-Pro1 - пакет программ для анализа и S-интерпретации кривых МТЗ;
3. IGF\_MТ2D – программа для решения 2D задач магнитотеллурики.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для материально-технического обеспечения дисциплины «Практическая магнитотеллурика» используются лекционные аудитории и библиотека геологического факультета МГУ, а также компьютерный класс отделения геофизики.

## **8. Necessary facilities and equipment**

For the material and technical support of the discipline «Practical magnetotellurics » lecture rooms and the library of the Faculty of geology of MSU are used, as well as the computer class of the Geophysical department.

## **9. Краткое содержание дисциплины (аннотация)**

Рассматриваются основы измерения электрических сигналов, обработка магнитотеллурических данных, методика обсерваторских наблюдений электромагнитного поля. Решается одномерная прямая задача МТЗ, выполняется трансформация кривых МТЗ, построение и S-интерпретация кривых МТЗ, моделирование МТ-поля в двумерной среде. Обсуждаются вопросы инверсии синтетических МТ-данных и применения МТЗ при глубинных, малоглубинных, нефтегазовых и геотермальных исследованиях.

## **9. Discipline content (annotation)**

We consider the basics of electric signals measurements, magnetotelluric data processing, observatory measurements of electromagnetic field. One-dimensional forward problem of MT sounding is solved, transformation of MT sounding curves is performed, as well as construction and S-interpretation of MT curves and modeling of MT field in two-dimensional medium. Problems of synthetic MT data inversion and application of MT soundings for regional, near surface, hydrocarbon and geothermal studies are discussed.

## **10. Учебно-методические рекомендации для обеспечения самостоятельной работы студентов**

### **Темы для самостоятельной работы студентов:**

- Магнитотеллурические функции отклика;
- Главные значения и главные направления тензора импеданса;
- Разделение локальных и региональных магнитотеллурических эффектов;
- Магнитовариационные функции отклика;
- Две классические модели теории искажений;
- Модели геоэлектрических структур в осадочном чехле;
- Модели глубинных геоэлектрических структур;
- Модели глубинных разломов;
- Постановка обратной задачи;
- Интерпретационная модель;
- Стратегия инверсии.

## **10. Educational and methodological recommendations for self-study**

### **Topics for independent work of students:**

- Magnetotelluric response functions;
- Principle values and directions of impedance tensor;
- Separation of local and regional magnetotelluric effects;
- Magnetovariational response functions;
- Two classic models of the distortion theory;
- Models of resistivity structures in the sedimentary cover;
- Models of deep resistivity structures;
- Models of deep faults;
- Statement of the inverse problem;
- Interpretational model;
- Inversion strategy.

**Разработчики:**

Геологический факультет МГУ (место работы)	доцент (занимаемая должность)	Пушкарев П.Ю. (инициалы, фамилия)
---	----------------------------------	--------------------------------------

Рабочий телефон, мобильный телефон, e-mail:  
8(495)939-4912, 8(905)703-7950, pavel\_pushkarev@list.ru

Геологический факультет МГУ (место работы)	научный сотрудник (занимаемая должность)	Шустов Н.Л. (инициалы, фамилия)
---	---	------------------------------------

Рабочий телефон, мобильный телефон, e-mail:  
8(495)939-4912, 8(910)476-3289, nicksh@hotmail.ru

Геологический факультет МГУ (место работы)	доцент (занимаемая должность)	Яковлев А.Г. (инициалы, фамилия)
---	----------------------------------	-------------------------------------

Рабочий телефон, мобильный телефон, e-mail:  
8(495)939-4912, 8(495)922-2836, nordwest@mtu-net.ru

**Эксперты:**

Геологический факультет МГУ (место работы)	профессор (занимаемая должность)	Куликов В.А. (инициалы, фамилия)
---	-------------------------------------	-------------------------------------

Институт океанологии РАН (место работы)	научный сотрудник (занимаемая должность)	Алексеев Д.А. (инициалы, фамилия)
--	---	--------------------------------------

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

**Developers:**

Geological faculty of MSU (place of work)	associate professor (position)	P.Yu. Pushkarev (initials, surname)
--	-----------------------------------	--

Office phone number, mobile phone number, e-mail:  
8(495)939-4912, 8(905)703-7950, pavel\_pushkarev@list.ru

Geological faculty of MSU (place of work)	researcher (position)	N.L. Shustov (initials, surname)
--	--------------------------	-------------------------------------

Office phone number, mobile phone number, e-mail:  
8(495)939-4912, 8(910)476-3289, nicksh@hotmail.ru

Geological faculty of MSU (place of work)	associate professor (position)	A.G. Yakovlev (initials, surname)
--	-----------------------------------	--------------------------------------

Office phone number, mobile phone number, e-mail:  
8(495)939-4912, 8(495)922-2836, nordwest@mtu-net.ru

**Experts:**

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

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

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