

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

УТВЕРЖДАЮ
И.О. декана Геологического факультета
чл.-корр. РАН _____/Н.Н.Еремин/
«__» _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Интерпретация данных электроразведки
Electrical prospecting interpretation
Авторы-составители: Модин И.Н., Шевнин В.А.

Уровень высшего образования:
Бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:
Геофизика

Форма обучения:
Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № _____, _____)

Москва 2022

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» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова от ____
_____ 2022 года (протокол №__).

Год приема на обучение: 2022

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Интерпретация данных электроразведки» является освоение алгоритмов и технологии интерпретации электроразведочных данных на постоянном и переменном токе. Оценка качества интерпретации, использование дополнительной информации при интерпретации.

Задачами дисциплины являются освоение решения обратных задач электроразведки на постоянном и переменном токе, разнообразных подходов в геофизической интерпретации данных электроразведки.

Краткое содержание дисциплины (аннотация):

В результате обучения по курсу «Интерпретация данных электроразведки» студенты получают теоретические знания по обработке и интерпретации данных основных методов электроразведки на постоянном, переменном токе, углубляют свои знания в области теоретических основ методов постоянного и переменного тока, решении прямых задач электроразведки для простых и сложных сред, вмещающих неоднородности геоэлектрического разреза. В результате освоения этого курса студенты получают представления о правилах визуализации первичных данных, оформлении полевой документации, а также способах решения обратных задач электроразведки. Обширный теоретический практикум позволяет студентам в дальнейшем самостоятельно проводить интерпретацию геофизических данных.

1. Место дисциплины в структуре ООП – относится к профессиональному блоку вариативной части подплана «Малоглубинная и глубинная геофизика», является дисциплиной по выбору. Курс – IV, семестр – 8.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

базируется на знаниях, полученных при изучении «Математический анализ», ч. 1, 2, «Физика», «Общая химия» «Общая геология», «Информатика», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Геология полезных ископаемых» «Электроразведка», «Теория геофизических полей», «Некорректные задачи геофизики» и др.).

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-1.Б. Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач (формируется частично).	Б.ОПК-1. И-1. Использует базовые знания фундаментальных разделов наук естественнонаучного и математического циклов в профессиональной деятельности Б.ОПК-1. И-2. Использует базовые знания фундаментальных	Знать: физико-математические законы, управляющие поведением электромагнитных полей в геологической среде; Уметь: использовать физико-математические расчеты для оценки свойств и размеров отдельных слоев и тел; строить и интерпретировать кривые электромагнитных зондирований

	разделов наук о Земле в профессиональной деятельности	
ОПК-2.Б. Способен применять теоретические основы фундаментальных геологических дисциплин при решении задач профессиональной деятельности (формируется частично).	Б.ОПК-2. И-1. Использует теоретические знания о закономерностях и особенностях геологических процессов для решения профессиональных задач.	Знать: - технологии методов обработки и интерпретации электроразведочной информации; - теоретические основы решения прямых и обратных задач электроразведки на постоянном токе (ВЭЗ и электротомография), переменном токе (МТЗ, ЗСБ) и в области высокочастотных, волновых полей (радиопросвечивание, георадар), а также геоэлектрохимических методов электроразведки ВП и ЕП.
ОПК-3.Б. Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки (формируется частично).	Б.ОПК-3. И-1. Использует типовые подходы и методы при решении задач профессиональной деятельности. Б.ОПК-3. И-2. Владеет базовыми навыками получения информации (полевой, камеральной, лабораторной) для решения стандартных задач профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки. Б.ОПК-3. И-3. Владеет базовыми навыками обработки и интерпретации информации при решении стандартных задач профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки.	Знать: - технологии методов обработки и интерпретации электроразведочной информации; - теоретические основы решения прямых и обратных задач электроразведки на постоянном токе (ВЭЗ и электротомография), переменном токе (МТЗ, ЗСБ) и в области высокочастотных, волновых полей (радиопросвечивание, георадар), а также геоэлектрохимических методов электроразведки ВП и ЕП; - источники априорной геологической и геофизической информации для интерпретации данных электроразведки; - электромагнитные свойства подземных вод, горных пород, руд, твердых и жидких полезных ископаемых в зависимости от региональных климатических условий; - способы визуализации полевых материалов и способы представления результатов обработки и интерпретации. Уметь: - выполнять качественную интерпретацию материалов; - выполнять обработку и интерпретацию электроразведочных данных; - правильно представлять результаты обработки и интерпретации данных; - пользоваться наиболее распространенными программами обработки и интерпретации ВЭЗ, МТЗ и ЗСБ;

		- делать оценки качества полученных результатов, оценивать возможные разбросы в оценке параметров результирующего геоэлектрического разреза.
ОПК-6.Б. Способен использовать в профессиональной деятельности информационно-коммуникационные технологии, в т.ч. ГИС-технологии (формируется частично).	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: - специализированным, прикладным программным обеспечением для одномерной интерпретации данных ВЭЗ, МТЗ и ЗСБ; - стандартным программным обеспечением для обработки и представления результатов площадных и профильных съемок (Surfer, Grapher, Excel).

4. Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 33 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем (11 часов лекций, 11 часов семинаров и 11 часов лабораторных занятий), 39 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

6. 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) Виды контактной работы, часы				Самостоятельная работа обучающегося Виды самостоятельной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия лабораторного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Расчетно-графические работы	Работа с литературой (включая подготовку)	Подготовка реферата	Подготовка к контрольному опросу	Всего
Вводная часть. Общие вопросы. Классификация методов обработки и интерпретации электроразведочной информации.	2	2			2					
Теоретические основы решения обратных задач электроразведки на постоянном токе, на переменном токе и в геоэлектрехимических методах электроразведки.	17	3	3	3	9	6		2		8
Источники априорной геологической и геофизической информации для интерпретации данных электроразведки.	16	2	3	3	8	6		2		8
Электромагнитные свойства подземных вод, горных пород, руд, твердых и жидких полезных ископаемых.	16	2	3	3	8	6		2		8
Визуализация полевых материалов и способы представления результатов обработки и интерпретации.	14	2	2	2	6	6		2		8
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	7	<i>Устный экзамен</i>				7				
Итого	72	33				39				

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

1. Вводная часть. Общие вопросы

Структура дисциплины. Классификация методов обработки и интерпретации электроразведочной информации. Этапы в обработке и интерпретации материалов полевых наблюдений. Краткая историческая справка.

2. Теоретические основы решения обратных задач электроразведки на постоянном токе, на переменном токе и в геоэлектрохимических методах электроразведки

Прямая задача постоянного тока. Общие сведения о решении прямой задачи ВЭЗ. Метод линейной фильтрации. Параметры линейных фильтров. Основные элементы алгоритма линейной фильтрации. Расчет фильтров на основе метода наименьших квадратов. Сравнение кривых ВЭЗ для разных установок.

Обратная задача ВЭЗ. Метод подбора. Метод наискорейшего спуска и метод Ньютона. Итерационный метод Зейделя. Программа MIDI как пример полностью автоматизированного подхода к интерпретации. Программа IPI2Win как пример программы диалоговой интерпретации. Основные типы искажений кривых ВЭЗ (Р- и С-эффекты). Борьба с искажениями от приповерхностных неоднородностей (нормализация кривых кажущегося сопротивления, алгоритм медианной фильтрации, использование метода главных компонент, расчет локально-нормальных кривых с помощью алгоритма двумерной инверсии данных электротомографии). Пути решения двумерных и трехмерных задач электроразведки метода сопротивлений.

Подходы к решению обратной задачи МТЗ. Прямые и обратные задачи в геофизике, некорректность обратной задачи, метод регуляризации. Обработка записей магнитотеллурического поля, получение передаточных функций. Влияние приповерхностных неоднородностей на кривые МТЗ и способы подавления этих искажений. Тензор импеданса в 1D, 2D и 3D средах, собственные значения тензора импеданса, параметры неоднородности и асимметрии, эффективный импеданс. Устойчивые параметры разреза в МТЗ. Методы 1D-интерпретации кривых МТЗ. Определение параметров S и H по кривым МТЗ. Трансформация Ниблета. Контролируемая трансформация. Метод подбора, функционал невязки. Методы стабилизации при решении обратной задачи МТЗ. Метод наискорейшего спуска. Метод Ньютона (метод линеаризации). МТ-поле в двумерных средах. Индукционные и гальванические эффекты. Методы интерпретации данных МТЗ в двумерных средах. Метод подбора в 2D средах.

Интерпретация данных ЗСБ. Связь полей искусственного источника в частотной и временной областях. Пространственные спектры электромагнитных полей и дифференциальные уравнения для спектров в слоистой среде. Преимущества и недостатки метода ЗСБ. Формулы для кажущегося сопротивления для установки "петля в петле". Трансформация S(H) в методе ЗСБ

Обработка и интерпретация георадарных данных. Предварительная обработка данных перед началом интерпретации: устранение резонансного звона в антеннах, оценка спектра сигнала на разных временах прихода отраженных волн, устранение статического сдвига за счет задержки записи сигнала, коррекция амплитуды и контрастности сигналов, полосовая фильтрация полезных сигналов. Введение рельефа в георадарограммы. Искусственные и естественные точки дифракции. Построение скоростного разреза по вертикали и в горизонтальном направлении. Пикировка границ и разделение разреза на комплексы и георадарные фациальные единицы. Оценка положения границ и построение глубинного георадиолокационного разреза.

Интерпретация данных радиоволнового просвечивания. Теоретические основы современного радиоволнового просвечивания (РВП). Модели электромагнитного поля,

которые используются в РВП. Предварительная обработка сигналов и расчет электрических полей. Введение поправок за расстояние и ориентацию источников и приемных датчиков в скважинах. Качественная интерпретация данных РВП. Способы томографического изображения результатов РВП.

3. Источники априорной геологической и геофизической информации для интерпретации данных электроразведки. Основы комплексирования электроразведочных и других геофизических методов для получения устойчивых параметров геоэлектрического разреза. Источники априорной информации - это данные бурения, когда они есть: мощности слоев и глубины границ, данные каротажа скважин дающие физические свойства пород, в некоторых случаях сочетание зондирований на постоянном токе и индукционных зондирований. В последнем случае пределы эквивалентности уже.

4. Электромагнитные свойства подземных вод, горных пород, руд, твердых и жидких полезных ископаемых в зависимости от региональных климатических условий. Электромагнитные свойства подземных вод коррелируют со свойствами поверхностных вод (рек, озер). Даже воды в лужах взаимодействуют с горными породами и через несколько дней после дождя приближаются по свойствам к поверхностным водам. В европейской части России минерализация поверхностных вод (и их сопротивление) изменяется в меридиональном направлении до 500 раз и это сказывается на сопротивлении пород. Поэтому рекомендуется использовать резистивиметрию для сбора сведений о сопротивлении поверхностных вод. Для горных пород рекомендуется проводить измерения сопротивления с помощью разных резистивиметров для рыхлых и скальных пород, в том числе на кернах из скважин.

5. Визуализация полевых материалов и способы представления результатов обработки и интерпретации. Видов визуализации существует достаточно много: для исходных полей и после сглаживания, корреляционные планы для серии профилей, разрезы и карты, а также результаты интерпретации. Существуют разнообразные программы визуализации, многие из них коммерческие и не все может купить учебное заведение. Но визуализация результатов очень важный этап осмысления геолого-геофизических результатов и желательно по максимуму познакомиться с существующими программами визуализации.

Примерный перечень тем семинарских занятий:

1. Совместная интерпретация геометрических зондирований и индукционных зондирований, основанных на явлении скин-эффекта.
2. Интерпретация многочастотных измерений дифференциального фазового параметра (ДФП) в программе ZOND. Проф.

Примерный перечень тем лабораторных занятий:

1. Совместная интерпретация геометрических и индукционных зондирований

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

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

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных расчетных работ, при докладах (с презентацией), при защите рефератов.

Примерный перечень вопросов (тестов) для проведения текущего контроля:

1. Этапы в обработке и интерпретации материалов полевых наблюдений.
2. Современные алгоритмы решения прямой задачи ВЭЗ.

3. Метод подбора.
4. Программа диалоговой интерпретации на примере программы IPI2Win.
5. Основные типы искажений кривых ВЭЗ (Р- и С- эффекты).
6. Пути решения двумерных и трехмерных прямых задач электроразведки метода сопротивлений.
7. Некорректность обратной задачи, метод регуляризации.
8. Влияние приповерхностных неоднородностей на кривые МТЗ
9. Тензор импеданса в 1D, 2D и 3D средах.
10. Получение передаточных функций при обработке магнитотеллурического поля.

Примерный перечень тем докладов:

1. Классификация методов обработки и интерпретации электроразведочной информации. Этапы в обработке и интерпретации материалов полевых наблюдений.
2. Современные алгоритмы решения прямой задачи ВЭЗ. Метод линейной фильтрации. Сравнение кривых ВЭЗ для разных установок.
3. Метод подбора. Метод наискорейшего спуска и метод Ньютона. Итерационный метод Зейделя. Программа MIDI как пример полностью автоматизированного подхода к интерпретации.
4. Программа IPI2Win как пример программы диалоговой интерпретации.
5. Основные типы искажений кривых ВЭЗ (Р- и С- эффекты). Борьба с искажениями от приповерхностных неоднородностей (нормализация кривых кажущегося сопротивления, алгоритм медианной фильтрации, использование метода главных компонент, расчет локально-нормальных кривых с помощью алгоритма двумерной инверсии данных электротомографии).
6. Пути решения двумерных и трехмерных прямых задач электроразведки метода сопротивлений.
7. Прямые и обратные задачи в геофизике, некорректность обратной задачи, метод регуляризации.
8. Обработка записей магнитотеллурического поля, получение передаточных функций.
9. Влияние приповерхностных неоднородностей на кривые МТЗ и способы подавления этих искажений.
10. Тензор импеданса в 1D, 2D и 3D средах, собственные значения тензора импеданса, параметры неоднородности и асимметрии, эффективный импеданс.

Примерный перечень тем рефератов:

1. Устойчивые параметры разреза в МТЗ. Методы 1D-интерпретации кривых МТЗ. Определение параметров S и H по кривым МТЗ. Трансформация Ниблета. Контролируемая трансформация.
2. Метод подбора, функционал невязки. Методы стабилизации при решении обратной задачи МТЗ. Метод наискорейшего спуска. Метод Ньютона (метод линеаризации).
3. МТ-поле в двумерных средах. Индукционные и гальванические эффекты.
4. Методы интерпретации данных МТЗ в двумерных средах. Метод подбора в 2D средах.
5. Связь полей искусственного источника в частотной и временной областях. Пространственные спектры электромагнитных полей и дифференциальные уравнения для спектров в слоистой среде. Преимущества и недостатки метода ЗСБ.
6. Формулы для кажущегося сопротивления для установки "петля в петле".
7. Трансформация S(H) в методе ЗСБ
8. Предварительная обработка данных перед началом интерпретации: устранение резонансного звона в антеннах, оценка спектра сигнала на разных временах прихода

отраженных волн, устранение статического сдвига за счет задержки записи сигнала, коррекция амплитуды и контрастности сигналов, полосовая фильтрация полезных сигналов. Введение рельефа в георадарограммы.

9. Искусственные и естественные точки дифракции. Построение скоростного разреза по вертикали и в горизонтальном направлении. Пикировка границ и разделение разреза на комплексы и георадарные фациальные единицы.

10. Оценка положения границ и построение глубинного георадиолокационного разреза.

11. Теоретические основы современного радиоволнового просвечивания (РВП).

12. Модели электромагнитного поля, которые используются в РВП.

13. Предварительная обработка сигналов и расчет электрических полей. Введение поправок за расстояние и ориентацию источников и приемных датчиков в скважинах. Качественная интерпретация данных РВП.

14. Способы томографического изображения результатов РВП.

15. Электромагнитные свойства подземных вод, горных пород, руд, твердых и жидких полезных ископаемых в зависимости от региональных климатических условий.

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

Примерный перечень вопросов при промежуточной аттестации (экзамене):

2. Современные алгоритмы решения прямой задачи ВЭЗ. Метод линейной фильтрации. Сравнение кривых ВЭЗ для разных установок.

3. Метод подбора. Метод наискорейшего спуска и метод Ньютона. Итерационный метод Зейделя. Программа MIDI как пример полностью автоматизированного подхода к интерпретации.

4. Программа IPI2Win как пример программы диалоговой интерпретации.

5. Основные типы искажений кривых ВЭЗ (Р- и С- эффекты). Борьба с искажениями от приповерхностных неоднородностей (нормализация кривых кажущегося сопротивления, алгоритм медианной фильтрации, использование метода главных компонент, расчет локально-нормальных кривых с помощью алгоритма двумерной инверсии данных электротомографии).

6. Пути решения двумерных и трехмерных задач электроразведки метода сопротивлений.

7. Прямые и обратные задачи в геофизике, некорректность обратной задачи, метод регуляризации.

8. Обработка записей магнитотеллурического поля, получение передаточных функций.

9. Влияние приповерхностных неоднородностей на кривые МТЗ и способы подавления этих искажений.

10. Тензор импеданса в 1D, 2D и 3D средах, собственные значения тензора импеданса, параметры неоднородности и асимметрии, эффективный импеданс.

11. Устойчивые параметры разреза в МТЗ. Методы 1D-интерпретации кривых МТЗ. Определение параметров S и H по кривым МТЗ. Трансформация Ниблета. Контролируемая трансформация.

12. Метод подбора, функционал невязки. Методы стабилизации при решении обратной задачи. Метод наискорейшего спуска. Метод Ньютона (метод линеаризации).

13. МТ-поле в двумерных средах. Индукционные и гальванические эффекты.

14. Методы интерпретации данных МТЗ в двумерных средах. Метод подбора в 2D средах.

15. Связь полей искусственного источника в частотной и временной областях. Пространственные спектры электромагнитных полей и дифференциальные уравнения для спектров в слоистой среде. Преимущества и недостатки метода ЗСБ.

16. Формулы для кажущегося сопротивления для установки "петля в петле".

17. Трансформация S(H) в методе ЗСБ

18. Предварительная обработка данных перед началом интерпретации: устранение резонансного звона в антеннах георадара, оценка спектра сигнала на разных временах прихода отраженных волн, устранение статического сдвига за счет задержки записи сигнала, коррекция амплитуды и контрастности сигналов, полосовая фильтрация полезных сигналов.

19. Искусственные и естественные точки дифракции. Построение скоростного разреза по вертикали и в горизонтальном направлении. Пикировка границ и разделение разреза на комплексы и георадарные фациальные единицы.

20. Оценка положения границ и построение глубинного георадиолокационного разреза.

21. Теоретические основы современного радиоволнового просвечивания (РВП).

22. Модели электромагнитного поля, которые используются в РВП.

23. Предварительная обработка сигналов и расчет электрических полей. Введение поправок за расстояние и ориентацию источников и приемных датчиков в скважинах. Качественная интерпретация данных РВП.

24. Способы томографического изображения результатов РВП.

25. Основы комплексирования электроразведочных и других геофизических методов для получения устойчивых параметров геоэлектрического разреза.

26. Электромагнитные свойства подземных вод, горных пород, руд, твердых и жидких полезных ископаемых в зависимости от региональных климатических условий.

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

Результаты обучения, соответствующие виды оценочных средств	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания (устный опрос)	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения (устный опрос)	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы.	Успешное умение.
Навыки (владения, опыт деятельности) (устный опрос)	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки.	Свободное владение и использование.

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы.

- основная литература:

1. Заборовский А.И. Электроразведка. Учебник. Гос. науч.-техн. изд-во

нефтяной и горно-топливной литературы, 1963, - 423 с.

2. Хмелевской В.К. Электроразведка. – издание 2-ое, Изд-во МГУ, 1984 г. - 422 с.
3. Матвеев Б.К. Электроразведка при поисках месторождений полезных ископаемых. Учебник для ВУЗов.- М.:Недра, 1982 г. -375 с.
4. Жданов М.С. Электроразведка. -М.: Недра, 1986. - 316 с.
5. ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКА: пособие по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей. Том I / под редакцией проф. И.Н. Модина и доц. А.Г. Яковлева – 2-е изд., перераб. и доп. – Тверь: «ПолиПРЕСС», 2018. – 274 с. Том II. Малоглубинная электроразведка. 2013.

- дополнительная литература:

1. Куфуд О. Зондирование методом сопротивлений.– Пер. с англ. -М.: Недра, 1984.- 270.
2. Колесников В.П. Основы интерпретации электрических зондирований. – М., Научный мир, 2007.- 248 с.
3. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Модели и методы магнитотеллурики. - М.: Научный мир, 2009.- 680 с.
4. Ваньян Л.Л. Электромагнитные зондирования. М.: Научный мир, 1997, - 219 с.
5. Старовойтов А.В. Интерпретация георадиолокационных данных. Учебное пособие. М.: Издательство МГУ, 2008, - 192 с.
6. В.А. Истратов, А.В. Колбенков, С.О. Перекалин, А.В. Скринник. Радиоволновой метод мониторинга процесса скважинного подземного выщелачивания на месторождениях урана. Геофизика №4, 2011 г. – с. 32-52.

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- <http://wiki.web.ru/> - энциклопедия по наукам о Земле геологического факультета МГУ.

Д) Материально-технического обеспечение:

Учебная аудитория с мультимедийным проектором, рассчитанная на 20 студентов.
Компьютерный класс отделения Геофизики.

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватели: Ответственный за курс — Шевнин В.А.,
Преподаватели – Шевнин В.А., Модин И.Н., Куликов В.А.

11. Разработчики программы: проф. И.Н.Модин, проф. В.А.Шевнин.