

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой Геофизики



В. Н. Глазнев

04.06.2020 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.ДВ.11.01 Методы решения обратных задач геофизики**

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:  
05.03.01 Геология
2. Профиль подготовки/специализации: Геофизика
3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр
4. Форма образования: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: геофизики
6. Составители программы: Муравина Ольга Михайловна, д.т.н., доцент
7. Рекомендована: научно-методическим советом геологического факультета,  
протокол № 6 от 04.06.2020 г.
8. Учебный год: 2022                      Семестр: 8

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:** Целью преподавания дисциплины «Методы решения обратных задач в геофизике» является подготовка бакалавров компетентных в сфере обратных задач геофизики, владеющих основами теории решения некорректных задач естествознания, обладающих умениями и навыками практических способов решения обратных задач геофизики.

Задачами преподавания дисциплины являются:

- получение обучаемыми знаний о современных методах решения обратных задач и их классификации;
- приобретение обучаемыми навыков решения обратных задач в различных разделах геофизики.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** блок Б1, вариативная часть, дисциплины по выбору.

Требование к входным знаниям: базовые знания, умения и навыки по дисциплинам Математика, Физика, Математическая статистика в геофизике, Методы компьютерной статистики в геофизике, Численные методы в геофизике, Методы компьютерной математики в геофизике, Магниторазведка, Гравиразведка, Интегральные преобразования в геофизике, Спектральный анализ в геофизике, Электроразведка, Геофизические исследования скважин, Сейсморазведка, Линейные обратные задачи в геофизике, Методы линейной алгебры в геофизике, Основы обработки геофизических данных, Методы обработки данных геофизики.

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей: Применение геоинформатики при геофизических исследованиях, Моделирование геологических объектов средствами геоинформатики, Комплексирование геофизических методов, Физика Земли, Геолого-геофизические модели.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-3	Способность в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в интерпретации геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций	Знать: теоретические основы решения прямых и обратных задач геофизики, основные методы их решения. Уметь: самостоятельно анализировать научную литературу, эффективно применять различные методы решения прямых и обратных задач исходя из конкретной геологической ситуации. Владеть: средствами компьютерной техники и информационными технологиями, методиками численного решения прямых и обратных задач геофизики.
ПК-6	Готовность в составе научно-производственного коллектива участвовать в составлении карт, схем, разрезов и другой установленной отчетности по утвержденным формам	Знать: методы представления результатов решения прямых и обратных задач в виде геолого-геофизических карт, схем и разрезов. Уметь: применять методы представления результатов решения прямых и обратных задач с учетом специфики решаемых геологических задач. Владеть: средствами компьютерной техники и информационными технологиями, направленными на визуализацию результатов решения прямых и обратных задач.

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час** (в соответствии с учебным планом) — 2/72.

**Форма промежуточной аттестации** (зачет/экзамен): зачёт.

### 13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		8	№ семестра	...
Аудиторные занятия	36	36		
в том числе:				
лекции	12	12		
практические	12	12		
лабораторные	12	12		
Самостоятельная работа	36	36		
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час. / экзамен – 36 час.)	0	0		
Итого:	72	72		

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Типы обратных задач. Способы преодоления некорректности обратных задач.	Типы обратных задач Математическая постановка обратных задач. Линейные и нелинейные обратные задачи. Неустойчивость обратных задач и способы ее преодоления.
1.2	Интерпретационная модель и ее роль в решении обратных задач.	Понятие интерпретационной модели. Эквивалентные и адекватные модели среды. Стартовая модель. Параметризация моделей среды.
1.3	Методы решения обратных задач.	Классификация методов решения обратных задач Вероятностно-статистическая постановка обратных задач геофизики. Метод поиска псевдорешения. Метод Бейкуса-Гильберта Метод регуляризации Формализация априорной информации. Выбор параметра регуляризации Линеаризация нелинейных обратных задач.
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Типы обратных задач. Способы преодоления некорректности обратных задач.	Примеры постановки обратных задач разных типов. Неоднозначность обратных задач и способы ее преодоления.
2.2	Интерпретационная модель и ее роль в решении обратных задач.	Классификация ФГМ. Способы построения аппроксимационных моделей среды. Роль петрофизической информации при построении моделей среды.
2.3	Методы решения обратных задач.	Обзор современных подходов к решению обратных задач геофизики.
<b>3. Лабораторные работы</b>		
3.2	Интерпретационная модель и ее роль в решении обратных задач.	Формирование физико-геологической модели среды. Представление модели в виде геолого-геофизического разреза. Решение прямой задачи. Представление результатов в виде карты изолиний.
3.3.	Методы решения обратных задач	Решение обратной задачи методом регуляризации. Представление модели в виде геолого-геофизического разреза Решение нелинейной обратной задачи с использованием линеаризации.

#### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)					Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Контроль	
1	Типы обратных задач. Способы преодоления некорректности обратных задач.	2	4	-	12	-	18
2	Интерпретационная модель и ее роль в решении обратных задач.	2	4	4	12	-	22
3	Методы решения обратных задач.	8	4	8	12	-	32
	Итого:	12	12	12	36	-	72

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Имеется электронный курс лекций «Методы решения обратных задач геофизики», который содержит презентации лекций, ссылки на литературу, вопросы для самоконтроля, методические указания для выполнения лабораторных работ и тесты: «Методы решения обратных задач геофизики» на Образовательном портале ВГУ – <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2761>.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Геофизика : учебник : [учебник для студ. вузов, обуч. по специальностям "Геология", "Геофизика", "Геохимия", "Гидрология и инженер. геология", "Геология и геохимия горючих ископаемых", "Экол. геология"] / [В.А. Богословский и др.] ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Геол. фак.; под ред. В.К. Хмелевского .— 3-е изд. — Москва : КДУ, 2012 .— 318 с. : ил., табл. — Авт. указ. на обороте тит. л. — Список учебников и учеб. пособий : с. 319 .— ISBN 978-5-98227-808-1.
2	Тихонов, Андрей Николаевич. Методы решения некорректных задач : Учебное пособие для студ. вузов, обуч. по специальности "Прикладная математика" / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин .— 3-е изд., испр. — М. : Наука, 1986 .— 286, [1] с. : ил.
3	Сизиков, В. С. Обратные прикладные задачи и MatLab [Электронный ресурс] / Сизиков В. С. — 1-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2011 .— 256 с. — Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию в области приборостроения и оптоэлектроники для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 200100 — «Приборостроение» и специальности 200101 — «Приборостроение». — Книга из коллекции Лань - Физика .— ISBN 978-5-8114-1238-9 .— <URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=2037">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&amp;pl1_id=2037</a> >.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Яновская, Татьяна Борисовна. Обратные задачи геофизики : учебное пособие / Т.Б. Яновская, Л.Н. Порохова ; С.-Петерб. гос. ун-т .— 2-е изд. — СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004 .— 214 с. : ил. — Библиогр.: с. 208-211 .— ISBN 5-288-03429-X.
5	Лесин, В. В. Основы методов оптимизации [Электронный ресурс] / Лесин В. В., Лисовец Ю. П. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016 .— 344 с. — Книга из коллекции Лань - Математика .— ISBN 978-5-8114-1217-4 .— <URL: <a href="http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=86017">http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=86017</a> >.
6	Лаврентьев, Михаил Михайлович. Теория операторов и некорректные задачи : [Учебное пособие] / М. М. Лаврентьев, Л. Я. Савельев .— Новосибирск : Изд-во Ин-та математики, 1999 .— 701 с. — ISBN 5-86134-077-3 : 120.00.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
7	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
8	Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
9	Электронно-библиотечная система «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
10	Электронно-библиотечная система «РУКОНТ» (ИТС Контекстум) <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>
11	Электронно-библиотечная система «Юрайт» <a href="https://lib.vsu.ru/url.php?url=http://www.biblio-online.ru">https://lib.vsu.ru/url.php?url=http://www.biblio-online.ru</a>
12	Электронный курс «Методы решения обратных задач геофизики» - <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2761">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2761</a>

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы

#### 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

(учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ п/п	Источник
1	Методические указания в курсе «Методы решения обратных задач геофизики» на Образовательном портале ВГУ – <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2761">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2761</a>

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

№ пп	Программное обеспечение
1	WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc
2	OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc
3	Университетская лицензия на программный комплекс для ЭВМ -MathWorks Total Academic Headcount – 25
4	СПС "Консультант Плюс" для образования
5	Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах
6	Неисключительные права на ПО KasperskyEndpointSecurity для бизнеса - РасширенныйRussianEdition

Электронный курс лекций «Методы решения обратных задач геофизики» на Образовательном портале ВГУ – <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2761>.

Программа реализуется с применением дистанционных технологий.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

(при использовании лабораторного оборудования указывать полный перечень, при большом количестве оборудования можно вынести данный раздел в приложение к рабочей программе)

№ пп	№ аудитории	Адрес	Название аудитории	Тип аудитории	Материально-техническое обеспечение
1	101п	г. Воронеж, Университетская пл.1, корпус 1Б	Лаборатория гравимагнитных методов	лаборатория	Компьютер Intel Atom, LCD-проектор BENQ MP 515
2	104п	г. Воронеж, Университетская пл.1, корпус 1Б	Лаборатория информационных технологий	лаборатория	Персональный компьютер Core i3-4130 3,4 GH 4GB RAM DDR3-1600 500GB HDD2+2 USB 2.0/USB 3.0 Intel graphics 4400 VGA/HDMI Mouse+Key Board (15 шт.), TV LG 42"

**19. Фонд оценочных средств:**

**19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения**

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ПК-3 Способность в составе научно-исследовательского коллектива участвовать в интерпретации геологической информации, составлении отчетов, рефератов, библиографий по тематике научных исследований, в подготовке публикаций	Знать: теоретические основы решения прямых и обратных задач геофизики, основные методы их решения.	Типы обратных задач. Математическая постановка обратных задач. Линейные и нелинейные обратные задачи. Неоднозначность обратных задач и способы ее преодоления. Неустойчивость обратных задач и способы ее преодоления. Классификация методов решения обратных задач Вероятностно-статистическая постановка обратных задач геофизики	Собеседование Практическое задание № 1 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на Образовательном портале ВГУ
	Уметь: самостоятельно анализировать научную литературу, эффективно применять различные методы решения прямых и обратных задач исходя из конкретной геологической ситуации.	Метод поиска псевдорешения. Метод Бейкуса-Гильберта Метод регуляризации Формализация априорной информации. Выбор параметра регуляризации Линеаризация нелинейных обратных задач.	Собеседование Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на Образовательном портале ВГУ

	Владеть: средствами компьютерной техники и информационными технологиями, методиками численного решения прямых и обратных задач геофизики	Понятие интерпретационной модели. Эквивалентные и адекватные модели среды. Стартовая модель. Классификация ФГМ. Способы построения аппроксимационных моделей. Параметризация моделей среды.	Практическое задание № 2 Лабораторная работа № 1 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на Образовательном портале ВГУ
ПК-4 Готовность в составе научно-производственного коллектива участвовать в составлении карт, схем, разрезов и другой установленной отчетности по утвержденным формам	Знать: методы представления результатов решения прямых и обратных задач в виде геолого-геофизических карт, схем и разрезов.	Формирование физико-геологической модели среды. Представление модели в виде геолого-геофизического разреза. Решение прямой задачи. Представление результатов в виде карты изолиний. Решение обратной задачи методом регуляризации. Представление модели в виде геолого-геофизического разреза. Решение нелинейной обратной задачи с использованием линейаризации	Собеседование Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на Образовательном портале ВГУ
	Уметь: самостоятельно анализировать научную литературу, эффективно применять различные методы решения прямых и обратных задач исходя из конкретной геологической ситуации.	Метод поиска псевдорешения. Метод Бейкуса-Гильберта. Метод регуляризации. Формализация априорной информации. Выбор параметра регуляризации. Линейаризация нелинейных обратных задач.	Собеседование Практическое задание № 3 Лабораторная работа № 2 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на Образовательном портале ВГУ
	Владеть: средствами компьютерной техники и информационными технологиями, методиками численного решения прямых и обратных задач геофизики.	Понятие интерпретационной модели. Эквивалентные и адекватные модели среды. Стартовая модель. Классификация ФГМ. Способы построения аппроксимационных моделей. Параметризация моделей среды.	Собеседование Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на Образовательном портале ВГУ
<b>Промежуточная аттестация (зачет)</b> Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на Образовательном портале ВГУ			<b>КИМ № 1</b>

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами и фактами, способен применять теоретические знания для решения практических методов решения обратных задач геофизики	Повышенный уровень	Отлично (Зачтено)
Обучающийся владеет понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, способен иллюстрировать ответ примерами и фактами, способен применять теоретические знания для решения практических методов решения обратных задач геофизики, но при этом допускает отдельные ошибки при ответах на вопросы.	Базовый уровень	Хорошо (Зачтено)
Обучающийся владеет, частично, понятийным аппаратом и теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен иллюстрировать ответ примерами и фактами, фрагментарно способен применять теоретические знания для решения практических методов решения обратных задач геофизики	Пороговый уровень	Удовлетворительно (Зачтено)

Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания в базовых положениях и теоретических основах дисциплины, допускает грубые ошибки в иллюстрировании результатов и применении в методах решения обратных задач геофизики	–	Неудовлетворительно (Не зачтено)
---	---	-------------------------------------

### **19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### **19.3.1 Перечень вопросов к экзамену (зачету): (нужное выбрать)**

##### **Перечень вопросов к зачету:**

1. Математическая постановка обратных задач.
2. Линейные и нелинейные обратные задачи.
3. Неоднозначность обратных задач и способы ее преодоления.
4. Неустойчивость обратных задач и способы ее преодоления.
5. Понятие интерпретационной модели.
6. Эквивалентные и адекватные модели среды.
7. Стартовая модель.
8. Классификация ФГМ.
9. Способы построения аппроксимационных моделей.
10. Параметризация моделей среды.
11. Классификация методов решения обратных задач
12. Вероятностно-статистическая постановка обратных задач геофизики.
13. Метод локальных поправок.
14. Метод поиска псевдорешения.
15. Метод Бейкуса-Гильберта
16. Метод регуляризации.
17. Формализация априорной информации.
18. Выбор параметра регуляризации
19. Линеаризация нелинейных обратных задач.

#### **19.3.2 Перечень практических заданий**

1. Примеры постановки обратных задач разных типов. Неоднозначность обратных задач и способы ее преодоления.
2. Классификация ФГМ. Способы построения аппроксимационных моделей среды. Роль петрофизической информации при построении моделей среды.
3. Обзор современных подходов к решению обратных задач геофизики.

#### **19.3.3 Вопросы для собеседования**

1. Математическая постановка обратных задач.
2. Основные проблемы решения обратных задач.
3. Классификация методов решения обратных задач.
4. Построение оператора обратной задачи.
5. Понятие интерпретационной модели.
6. Адекватные модели.
7. Эквивалентные модели.
8. Способы построения аппроксимационных моделей.
9. Параметризация моделей среды.
10. Линеаризация нелинейных обратных задач.
11. Вероятностно-статистические методы решения обратных задач.
12. Сущность метода регуляризации.

#### **19.3.4 Перечень заданий для контрольных работ**

#### **19.3.5 Темы курсовых работ**

#### **19.3.6 Темы рефератов**

#### **19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме(ах): тестирования. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний, позволяющих оценить степень сформированности умений и навыков деятельности в методах решения обратных задач геофизики.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.