

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой Геофизики



В. Н. Глазнев

10.05.2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.09 Гравиразведка

- 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:** Антонов Юрий Васильевич, д.т.н., профессор;
Воронова Татьяна Александровна, к.г.-м.н., доцент
- 7. Рекомендована:** научно-методическим советом геологического факультета,
протокол № 5 от 10.05.2017 г.
- 8. Учебный год:** 2018-2019 **Семестр:** 4, 5

9. Цели и задачи учебной дисциплины: Целью преподавания дисциплины «Гравиразведка» является подготовка бакалавров компетентных в сфере гравиразведки, владеющих знаниями теоретических и физических основ гравиметрии, обладающих умениями и навыками проведения полевых исследований, обработки и комплексной интерпретации материалов гравиметрических исследований.

Задачами преподавания дисциплины являются:

- формирование у обучаемых представлений о поле силы тяжести, принципах работы современной гравиметрической аппаратуры;
- получение обучаемыми знаний о методиках проведения гравиметрических исследований, способах обработки и интерпретации получаемых материалов;
- приобретение обучаемыми практических навыков проведения полевых исследований и интерпретации получаемых данных.

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

Требование к входным знаниям: базовые знания, умения и навыки по дисциплинам Математика, Физика, Химия, Информатика, Введение в прикладную геофизику, Математическая статистика в геофизике, Методы компьютерной статистики в геофизике, Численные методы в геофизике, Методы компьютерной математики в геофизике, Дифференциальные уравнения в геофизике, Минералогия с основами кристаллографии, Петрография, Геофизика, Дифференциальные уравнения в геофизике.

Дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей: Учебная практика по гравимагниторазведке, полевая, Системный анализ геофизических данных, Геофизические исследования скважин, Линейные обратные задачи в геофизике, Методы линейной алгебры в геофизике, Научно-исследовательская работа, Интерпретация данных магнитометрии, Геологическая интерпретация магнитных аномалий, Интерпретация данных гравиметрии, Геологическая интерпретация гравитационных аномалий, Основы обработки геофизических данных, Методы обработки данных геофизики, Методы решения обратных задач геофизики, Прямые и обратные задачи геофизики, Организация и планирование геофизических работ, Менеджмент геофизических проектов, Комплексование 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-2	Способность самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геолого-геофизических исследований	Знать: теоретические основы гравиразведки; возможности и роль метода при решении геолого-геофизических задач; физические основы гравиразведки, технологии измерения элементов гравитационного поля Земли (аппаратура и методика гравиразведочных работ). Уметь: использовать знания гравиразведки в профессиональной деятельности. Владеть (иметь навык(и)): геофизической и геологической интерпретации гравитационного поля Земли.
ПК-5	Готовность к работе на современных полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании (в соответствии с направленностью (профилем) программы бакалавриата)	Знать: теоретические основы устройства гравиметрических приборов для измерения силы тяжести и ее производных, методику измерения при проведении гравиметрических съемок Уметь: использовать знания о гравиметрических приборах для измерения элементов гравитационного поля. Владеть (иметь навык(и)): методикой измерения гравитационного поля и оценкой качества гравиметрических съемок.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час (в соответствии с учебным планом) — 5/180.

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

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		4	5	...
Аудиторные занятия	98	50	48	
в том числе: лекции	28	12	16	
практические	28	12	16	
лабораторные	42	26	16	
Самостоятельная работа	46	22	24	
Форма промежуточной аттестации (зачет – 0 час./экзамен – 36 час.)	36	0	36	
Итого:	180	72	108	

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Введение	Понятие о гравитации и единицы измерения гравитационного поля. Взаимосвязь науки о гравитации с другими науками естественного цикла.
1.2	Гравиметрический метод разведочной геофизики	Геологические задачи гравиметрической разведки. Исторические сведения о возникновении и развитии гравиметрической разведки. Современные проблемы гравиметрической разведки. Взаимосвязь с другими методами разведочной геофизики.
1.3	Основы метода гравиметрической разведки	Гравитационное поле Земли. Сила тяжести и его потенциал. Нормальная формула силы тяжести. Вторые производные потенциала силы тяжести, их физический и геометрический смысл. Вариации силы тяжести по времени. Редукции и аномалии силы тяжести. Геоид. Плотность горных пород.
1.4	Аппаратура и методика измерений	Классификация способов измерения ускорения силы тяжести. Маятниковый способ измерения ускорения силы тяжести. Баллистический способ определения ускорения силы тяжести. Статические гравиметры. Классификация гравиметрических съемок.
1.5	Основы геологической интерпретации гравитационных аномалий.	Задачи и виды интерпретации. Физико-геологические и математические модели интерпретации. Решение прямой и обратной задач гравиразведки для тел простой формы. Аппроксимационные способы решения прямой задачи от сложных распределений плотности. Применение гравиразведки.
2. Практические занятия		
2.1	Гравиметрический метод разведочной геофизики.	Нормальное поле Земли. Редукции силы тяжести. Принципы измерения силы тяжести. Принципы измерения вторых производных силы тяжести.
2.2	Основы метода гравиметрической разведки.	Методики наземных съемок силы тяжести. Методики воздушной и морской съемок силы тяжести. Подземная гравиразведка.
2.3	Аппаратура и методика измерений.	Мониторинговые измерения силы тяжести. Обработка мониторинговых измерений силы тяжести. Расчет лунно-солнечных вариаций силы тяжести.
2.4	Основы геологической интерпретации гравитационных аномалий.	Использование гравиразведки для тектонического районирования. Использование гравиразведки при поисках нефти и газа. Применение гравиразведки при поисках рудных месторождений. Применение гравиразведки при поисках алмазов.
3. Лабораторные работы		
3.1	Гравиметрический метод разведочной геофизики.	Измерение плотности горных пород.
3.2	Основы метода гравиметрической разведки.	Уравнивание опорных сетей. Обработка рядовых рейсов наземных съемок силы тяжести.
3.3	Аппаратура и методика измерений.	Изучение устройства гравиметра. Измерение силы тяжести гравиметром.
3.4	Основы геологической интер-	Решение обратной задачи для шара. Решение обратной задачи

	претации гравитационных аномалий.	для вертикального цилиндра. Решение обратной задачи для горизонтального цилиндра. Решение обратной задачи для материальной плоскости. Решение обратной задачи для уступа. Решение обратной задачи для бесконечной примы. Решение обратной задачи для конечной примы. Решение обратной задачи для контактной поверхности.
--	-----------------------------------	--

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	Введение	4	4	6	2	-	16
2	Гравиметрический метод разведочной геофизики	6	6	9	11	10	42
3	Основы метода гравиметрической разведки	6	6	9	11	10	42
4	Аппаратура и методика измерений	6	6	9	11	6	38
5	Основы геологической интерпретации гравитационных аномалий	6	6	9	11	10	42
	Итого:	28	28	42	46	36	180

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 на образовательном портале, который содержит презентации лекций, ссылки на литературу, вопросы для самоконтроля, методические указания для выполнения лабораторных работ и тесты: - <https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2428>.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Серкерев, С.А.. Гравиразведка и магниторазведка. Основные понятия, термины, определения : [учебное пособие для студ. вузов, обуч. по специальности "Геофиз. методы поисков и разведки месторождений полез. ископаемых" направления подгот. дипломиров. специалистов "Технология геол. разведки"] / С. А. Серкерев .— М. : Недра-Бизнесцентр, 2006 .— 478, [1] с
2	Богословский В.А. 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.; под ред. В.К. Хмелевского – М. : КДУ, 2012 .— 318 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Гравиразведка : Справочник геофизика / [Е.А. Мудрецова, А.С. Варламов, К.Е. Веселов и др.] ; Под ред. Е.А. Мудрецово, К.Е. Веселова .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Недра, 1990 .— 606,[1] с.
4	Кауфман А.А. Введение в теорию геофизических методов / А.А.Кауфман.- М.: Недра, 1997.— 519 с.
5	Введение в теорию геофизических методов. Ч. 1 / Пер. с англ. М. Л. Бахмутского и др. под ред.М. Н. Бердичевского .— 1997 .— 518,[1] с.
6	Маловичко, А.К. Гравиразведка : учебник для студ. геофиз. спец. вузов / А.К. Маловичко, В.И. Костицын .— М. : Недра, 1992 .— 356,[4] с.

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

№ п/п	Ресурс
7	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» http://biblioclub.ru/
8	Электронно-библиотечная система «Консультант студента» http://www.studmedlib.ru
9	Электронно-библиотечная система «Лань» https://e.lanbook.com/
10	Электронный учебный курс: Гравиразведка – https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2428

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Груздев В.Н. Геофизика [Электронный ресурс] : практикум для вузов / В.Н. Груздев, И.Ю. Антонова — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2007 .— 44 с.— Режим доступа: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m07-48.pdf

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

Программа курса реализуется с применением дистанционных технологий.

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

При освоении дисциплины «Гравиразведка» используются:

- лаборатория информационных технологий: 15 компьютеров Intel Pentium IV, мультимедийная система на ТВ, Университетская пл., 1, ауд. 104п;
- лаборатория гравимагнитных методов: мультимедийные класс кафедры геофизики, проекционные аппараты, Университетская пл., 1, ауд. 101п.

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-2 Способность самостоятельно получать геологическую информацию, использовать в научно-исследовательской деятельности навыки полевых и лабораторных геолого-геофизических исследований.	Знать: теоретические основы гравиразведки; возможности и роль метода при решении геолого-геофизических задач; физические основы гравиразведки, технологии измерения элементов гравитационного поля Земли (аппаратура и методика гравиразведочных работ). Уметь: использовать знания гравиразведки в профессиональной деятельности. Владеть (иметь навык(и)): геофизической и геологической интерпретации гравитационного поля Земли.	Гравиметрический метод разведочной геофизики.	Практическое задание № 1 Лабораторная работа № 1 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на портале Moodle.
		Основы метода гравиметрической разведки.	Практическое задание № 2 Лабораторная работа № 2 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на портале Moodle.
ПК-5 Готовность к работе на современных полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании (в соответствии с направленностью	Знать: теоретические основы устройства гравиметрических приборов для измерения силы тяжести и ее производных, методику измерения при проведении гравиметрических съемок Уметь: использовать знания о гравиметрических приборах для измерения элементов гравитационного поля	Аппаратура и методика измерений.	Практическое задание № 3 Лабораторная работа № 3 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на портале Moodle.

(профилем) программы бакалавриата).	Владеть (иметь навык(и)): методикой измерения гравитационного поля и оценкой качества гравиметрических съемок.	Основы геологической интерпретации гравитационных аномалий.	Практическое задание № 4 Лабораторная работа № 4 Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на портале Moodle.
Промежуточная аттестация (зачёт) Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на портале Moodle.			КИМ № 1
Итоговая аттестация (экзамен) Контроль освоения материала может осуществляться в дистанционной форме в соответствующем курсе на портале Moodle.			КИМ № 2

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 задач в области гравиразведки	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 задач в области гравиразведки, 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 задач в области гравиразведки.	Пороговый уровень	Удовлетворительно (Зачтено)
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания в базовых положениях и теоретических основах дисциплины, допускает грубые ошибки в иллюстрировании результатов и применении изученных методов при решении задач гравиразведки.	–	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. Гравиразведка. Предмет, цели и задачи.
2. Плотность горных пород.
3. Нормальное гравитационное поле.
4. Поправка за высоту.
5. Поправка за промежуточный слой.
6. Статические методы измерения силы тяжести.
7. Сила тяжести.
8. Методика гравиразведки.
9. Сила притяжения.
10. Приборы для измерения силы тяжести.
11. Поправки, вводимые в наблюдаемые значения силы тяжести.
12. Обратная задача гравиразведки.
13. Практическое применение гравиразведки.
14. Принципы измерения силы тяжести.
15. Динамические методы измерения силы тяжести.

16. Решение прямой и обратной задач для шара.
17. Аномальное гравитационное поле.
18. Решение прямой задачи в общем виде.
19. Что принимают за единицу ускорения силы тяжести?
20. Прямая задача гравиразведки.
21. Избыточная плотность.
22. Абсолютные и относительные измерения силы тяжести.
23. Поправка за рельеф.
24. Устройство чувствительной системы гравиметра.

Перечень вопросов к экзамену:

1. Понятие о гравитации и единицы измерения гравитационного поля. Взаимосвязь науки о гравитации с другими науками.
2. Мировая гравиметрическая сеть. Национальная опорная сеть.
3. Притяжение однородного слоя и сферы, их потенциал и его производные. Разложение потенциала силы тяжести в ряд по сферическим функциям.
4. Опорная и рядовая сети съемки. Требование к точности топографического обеспечения съемки. Основные системы наблюдений при измерениях на опорной сети.
5. Фигура Земли. Теорема Клеро, Нормальная формула силы тяжести.
6. Уравнивание опорных сетей. Измерения на рядовой сети и их обработка. Независимый контроль и оценка точности измерений. Вычисление аномальных значений ускорения силы тяжести.
7. Вторые производные потенциала силы тяжести, их физический и геометрический смысл. Нормальные значения вторых производных потенциала силы тяжести.
8. Способы учета влияния дневного и погребенного рельефа. Оценка точности аномалий силы тяжести. Составление карт и графиков аномалий силы тяжести.
9. Вариации силы тяжести по времени ? вековые и приливные. Поправки за влияние приливных сил.
10. Особенности гравиметрических работ в выработках. Методика и техника скважинной гравиметрии.
11. Редукции и аномалии силы тяжести. Геоид и эллипсоид относимости как поверхности приведения силы тяжести.
12. Обработка результатов гравиразведки на ЭВМ. Автоматизированные системы обработки. Измерение ускорения силы тяжести в движении.
13. Характеристика плотностей горных пород и руд.
14. Принципы измерения элементов гравитационного поля на подвижном основании. Возмущающие ускорения и наклоны. Способы их учета. Эффект Этвеша и его учет.
15. Редукции и аномалии, их физический смысл и применение для геологических целей. Редукция в свободном воздухе. Аномалии в свободном воздухе.
16. Особенности маятникового метода измерения ускорения силы тяжести в движении. Измерение силы тяжести в движении с помощью гравиметров.
17. Поправка за промежуточный слой, поправка Буге и поправка за рельеф местности. Аномалии Буге. Поправки Брунса и Жонголовича. Редукция Прея.
18. Основные типы набортных гравиметров. Особенности методики измерений ускорения силы тяжести на море и в воздухе.
19. Изостазия и изостатические редукции. Редукция Гленни. Особенности редуцирования силы тяжести на море.
20. Топографическое обеспечение морской и аэрогравиметрической съемки.
21. Способы измерения элементов гравитационного поля. Классификация способов измерения ускорения силы тяжести.
22. Общая и частная постановка прямой и обратной задачи. Интегральные формулы для элементов гравитационного поля.
23. Абсолютные и относительные определения ускорения силы тяжести.
24. Эквивалентность и единственность в обратных задачах. Понятие о корректных и некорректных задачах гравиразведки.
25. Маятниковый способ измерения ускорения силы тяжести.
26. Физико-геологические и математические модели интерпретации. Идеи оптимальности моделей.
27. Баллистический способ определения ускорения силы тяжести и его основные варианты. Измерение ускорения силы тяжести по частоте колебаний нагруженной струны.
28. Гравитационные эффекты от шара и кругового цилиндра.
29. Спутниковые методы изучения гравитационного поля.

30. Гравитационные эффекты от материального стержня и пласта.
31. Измерение горизонтальных градиентов и кривизны с помощью крутильной упругой системы.
32. Применение ЭВМ при решении прямой задачи гравиразведки.
33. Возможности измерения вертикального градиента. Перспективы развития вариометрии.
34. Решение обратной задачи гравиразведки для изолированных аномальных объектов.
35. Статические гравиметры. Основные типы чувствительных элементов гравиметров. Гравиметры 1-го и 2-го рода.
36. Определение параметров моделей геометрически правильной формы способами характерных точек и касательных.
37. Чувствительность гравиметров. Элементарная теория кварцевых астазированных гравиметров. Индикаторы малых перемещений.
38. Интегральные способы. Основные методы подбора.
39. Устройство компенсации и измерения силы тяжести. Температурная компенсация. Термостатирование и термокомпенсирование. Герметизация и барокомпенсация.
40. Изучение глубинного строения земной коры и верхней мантии.
41. Струнные гравиметры. Сверхпроводящий гравиметр.
42. Гравиразведка при тектоническом районировании. Геологическое картирование с применением гравиразведки.
43. Телеуправляемые донные и скважинные гравиметры.
44. Поиски рудных месторождений.
45. Регулировка и исследование гравиметров. Установка уровней на минимум чувствительности к наклону. Регулировка чувствительности. Способы эталонирования гравиметров.
46. Применение гравиразведки при поисках месторождений нефти и газа.
47. Методика наземной и подземной гравиметрической съемки.
48. Решение гидрогеологических и инженерно-геологических задач.

19.3.2 Перечень практических заданий

1. Нормальное поле Земли.
2. Редукции силы тяжести.
3. Принципы измерения силы тяжести.
4. Принципы измерения вторых производных силы тяжести.
5. Методики наземных съемок силы тяжести.
6. Методики воздушной и морской съемок силы тяжести.

19.3.4 Тестовые задания

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): выполнение 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, позволяющие оценить степень сформированности умений и навыков деятельности в области гравиразведки.

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