

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
исторической геологии и палеонтологии



/А.Д.Савко/

подпись, расшифровка подписи

05.07.2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.05 Геостатистика при поисковых работах на платформах  
*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

1. Код и наименование направления подготовки/специальности:

05.04.01 Геология

2. Профиль подготовки / специализация:

"Геологическая съемка и поиски полезных ископаемых платформенных областей"

3. Квалификация (степень) выпускника: магистр

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:

исторической геологии и палеонтологии

6. Составители программы: Иванов Дмитрий Андреевич, к.г.-м. н.

*(ФИО, ученая степень, ученое звание)*

7. Рекомендована: НМС геологического факультета от 14.05.18 г., протокол № 6

*(наименование recommending structure, date, protocol number)*

8. Учебный год: 2018-2019

Семестр(-ы): 1

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Основной целью курсов является знакомство студентов с методами геостатистических исследований пространственных геологических переменных, применяемых в рамках геолого-оценочных работ на различных стадиях разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Геостатистика является одним из инструментов получения достоверной информации о запасах полезных ископаемых, планирования их оптимальной отработки и проведения геологоразведочных работ на основе современных технологий горно-геологических информационных систем (ГГИС).

Задачи дисциплины:

- повышение общей информационной культуры и математического образования;
- усвоение знаний о современных методах геостатистического моделирования и анализа пространственной количественной геологической информации (ПГИ);
- формирование представления о методике геостатистического анализа ПГИ;
- развитие практических навыков применения методов геостатистического анализа ПГИ при решении практических задач объемного моделирования месторождений твердых полезных ископаемых (ТПИ).

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям; дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)

Дисциплина «Геостатистика» относится к обязательным дисциплинам вариативной базовой части блока Б.1 по направлению подготовки 05.04.01 Геология.

Для успешного освоения курса студентом должны быть освоены знания и умения, представляемые в объеме базовых дисциплин подготовки бакалавров цикла Б.2.: Математика (2 семестр), Информатика (2 семестр). Изучение дисциплины проводится на примерах геологической направленности с данными имеющими пространственную характеристику - привязанными к картам и разрезам. Для этого необходимы знания из курсов Общая геология (2 семестр), Структурная геология (3 семестр), Литология (3 семестр), Петрография (3 семестр), Геохимия (4 семестр), ГИС в геологии (4 семестр), Геоморфология (3 семестр) и Геология четвертичных отложений (4 семестр).

Основные требования к входным знаниям: студент должен знать основы современных информационных технологий, уверенно работать в качестве пользователя персонального компьютера с программными средствами общего назначения, иметь навыки работы в компьютерных сетях.

Владеть основными понятиями по математике и методами вычислений. Обладать навыками работы с геоинформационными системами: методами организации данных в ГИС, геоинформационным моделированием.

Обладать знаниями по профильным геологическим предметам, в т.ч. читать карты геологического содержания и понимать взаимоотношение изображенных на них геологических подразделений, иметь представление о стратиграфической шкале, классификациях геологических объектов, владеть геологической терминологией, понимать принципы системного анализа в оценке и прогнозе геологической ситуации.

Курс «Геостатистика при поисковых работах на платформах» является профильным геологическим предметом, предшествует и тематически согласуется с дисциплиной: Геообработка при поисковых работах на платформах (2 семестр).

Знания по предмету могут быть использованы при подготовке выпускной квалификационной работы.

**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	должен обладать способностью создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования углубленных теоретических и практических знаний в области геологии	<p><i>Знать:</i> круг задач, которые решает геостатистика и ее основные понятия; принципы и методы моделирования корреляции количественных геологических данных в 3-х мерном пространстве</p> <p><i>Уметь:</i> формулировать геологические задачи в виде, пригодном для их решения геостатистическими методами; выбирать приемлемые и наиболее эффективные геостатистические методы решения геологических задач</p> <p><i>Владеть (иметь навык(и)):</i> методами проведения геостатистических исследований, в т.ч. расчета анизотропии изменчивости полезных компонентов месторождений, создавать пространственные ковариационные (вариографические) модели рудных тел и их отдельных участков.</p>
ПК-4	должен обладать способностью самостоятельно проводить производственные и научно-производственные полевые, лабораторные и интерпретационные работы при решении практических задач	
ПК-6	должен обладать способностью использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач	

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

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

**13. Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)		
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам № семестра - 1
Аудиторные занятия	20	10	20
в том числе:			
лекции			
практические	10	10	10
лабораторные	10		10
Самостоятельная работа	52		52
Итого:	72	10	72

**13.1. Содержание дисциплины:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Теоретическая часть</b>		
1.1	Введение в геостатистику	Основные задачи, подходы и этапы анализа пространственно распределенных данных геологического опробования. Основные понятия и элементы геостатистики: геологическое

		признаковое пространство, шкалы измерений, пространственное разрешение и кластерность данных, декластеризация и композитирование данных, геостатистическое оценивание, проверка качества модели – кросс-валидация.
1.2	Методы моделирования пространственной корреляции	<p>Детерминистические методы: линейные интерполяторы, полиномиальные методы, метод базисных функций.</p> <p>Геостатистические интерполяции: основные постулаты кригинга, простой кригинг, обычный кригинг, универсальный кригинг, логнормальный кригинг, некоторые дополнительные аспекты кригинга.</p> <p>Многочисленное пространственное моделирование. Стохастическое моделирование пространственной неопределенности.</p> <p>Сравнительный анализ геостатистических методов моделирования пространственной корреляции.</p>
1.3	Методы анализа пространственной корреляции. Вариографический анализ.	<p>Пространственная непрерывность, меры пространственной корреляции, характеристика графика и поведение вариограммы в зависимости от степени корреляции пространственных данных, анизотропия вариограмм. Алгоритм вариографического анализа данных геологического опробования по скважинам в 3-х мерном пространстве: всенаправленные вариограммы, направленные полувариограммы, вариограммы вдоль по скважине, построение и характеристика карт полувариограмм.</p> <p>Современные направления развития геостатистики. Пространственно-временная геостатистика.</p>
<b>2. Практические работы</b>		
2.1	Введение в геостатистику	1. Декластеризация и композитирование данных, геостатистическое оценивание.
2.2	Методы моделирования пространственной корреляции	2. Методы моделирования пространственной корреляции. 3. Решение практических задач по моделированию пространственных переменных детерминистическими геостатистическими методами.
2.3	Методы анализа пространственной корреляции. Вариографический анализ.	4. Вариографический анализ данных геологического опробования по скважинам в 3-х мерном пространстве: всенаправленные вариограммы, направленные полувариограммы, вариограммы вдоль по скважине. 5. Построение и характеристика карт полувариограмм. Оценка данных вариографического анализа.
<b>3. Лабораторные работы</b>		
3.1	Введение в геостатистику	1. Анализ количественной ПГИ. Пространственное разрешение и кластерность данных.
3.2	Методы моделирования пространственной корреляции	2. Обзор детерминистских и геостатистических методов моделирования пространственной корреляции. 3. Многочисленное пространственное моделирование.
3.3	Методы анализа пространственной корреляции. Вариографический анализ.	4. Пространственная непрерывность, меры пространственной корреляции, характеристика графика и поведение вариограммы в зависимости от степени корреляции пространственных данных. Анализ анизотропии вариограмм. 5. Вариографический анализ данных геологического опробования по скважинам в 3-х мерном пространстве: всенаправленные вариограммы, направленные полувариограммы, вариограммы вдоль по скважине.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Лабораторные	Практические	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение		2	2	10	14

2	Методы моделирования пространственной корреляции		4	4	20	28
3	Методы анализа пространственной корреляции		4	4	22	30
	Итого:		10	10	52	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.)

Изучение дисциплины основано на практических и лабораторных заданиях с использованием ГИС Micromine. В соответствии с этим важным условием является владение базовыми функциями данного ПО, полученными в рамках курса «Компьютерные технологии в геологии». Также необходимы знания основ статистики (курс «Математические методы в геологии» 3-го курса бакалавриата). Обязательным условием является полное самостоятельное выполнение практических и лабораторных заданий. Для работы в ГИС Micromine требуется активация лицензии в учебном классе, что необходимо учесть при посещении компьютерного класса вне занятий по расписанию.

При изучение разделов дисциплины по рекомендуется активное использование Онлайн-справки Micromine 2016. Переход к ней возможен из любого диалогового окна системы при нажатии клавиши F1 или по URL-адресу. Также обращаем внимание на методические пособия российской команды разработчиков ГИС Micromine, перечисленные в п. 16.

**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	Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для студ. вузов / В.Е. Гмурман .— 12-е изд., перераб. — М. : Высшее образование, 2008 .— 478 с.
2	Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для студ. вузов / В.Е. Гмурман .— 12-е изд., перераб. — М. : Юрайт : Высшее образование, 2009 .— 478 с.
3	Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для студ. вузов / В.Е. Гмурман .— 12-е изд., перераб. и доп. — М. : Юрайт, 2011 .— 478 с.
4	Низаметдинов, Ш.У. Анализ данных : учебное пособие / Ш.У. Низаметдинов, В.П. Румянцев. - М. : МИФИ, 2012. - 286 с. - ISBN 978-5-7262-1687-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <a href="https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&amp;id=231829">https://biblioclub.lib.vsu.ru/index.php?page=book&amp;id=231829</a> (05.04.2016).

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Геостатистика: теория и практика/ Савельева Е. А., Демьянов В. В.; под ред. Р. В. Арутюняна; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. – М.: Наука, 2010. – 327 с. – ISBN 978-5-02-037478-2 ( в пер.). — Электрон. дан. — Режим доступа: <a href="http://www.ibrae.ac.ru/pubtext/7/">http://www.ibrae.ac.ru/pubtext/7/</a> — Загл. с экрана. ( <a href="http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-geostatistika-teoriya-i-praktika.pdf">http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-geostatistika-teoriya-i-praktika.pdf</a> )
6	Поротов Г. С. Математические методы моделирования в геологии: учебник / Г.С. Поротов. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет).— Санкт-Петербург, 2006.— 223 с.
7	Каждан А.Б. Математические методы в геологии: учебник для вузов / А. Б. Каждан, О. И. Гуськов, А. А. Шиманский.— Москва : Недра, 1990.— 251 с.
8	Грановская Н.В. Применение математических методов при геологическом прогнозе. /

	Н.В. Грановская, Л.К. Дудкевич. Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ, 1997.– 43 с.
9	Девис Д. С. Статистический анализ данных в геологии. Кн. 1.– Москва : Недра, 1990.– 319 с.
10	Девис Д. С. Статистический анализ данных в геологии. Кн. 2.– Москва : Недра, 1990.– 427 с.
11	Справочник по математическим методам в геологии / А.А. Родионов, Р.И. Коган, В. А. Голубев [и др.]– Москва : Недра, 1987.– 334 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
12	<a href="http://lib.vsu.ru">http://lib.vsu.ru</a> - Зональная библиотека ВГУ
13	<a href="http://geo.web.ru">http://geo.web.ru</a> – Неофициальный сервер геологического факультета МГУ
14	<a href="http://students.web.ru">http://students.web.ru</a> – Неофициальный сервер геологического факультета МГУ
15	<a href="http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm">http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm</a> - Электронный учебник по статистике компании StatSoft Russia
16	База картографических и фактографических данных по региональным поисково-съёмочным работам. Фонды НИИ геологии ВГУ.

**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
17	Капутин Ю. Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. СПб, Недра, 2002 г., 424 с. (электронная версия)
18	Капутин Ю. Е. Геостатистическое исследование месторождений полезных ископаемых: методические рекомендации. Петрозаводск : Изд-во КарФАН СССР, 1988.– 190 с. (электронная версия)

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

При освоении дисциплины используется ПО ГГИС Micromine – одно из наиболее распространенных программных решений для горнодобывающей промышленности при моделировании месторождений твердых полезных ископаемых. Работа с ПО ГГИС Micromine обеспечивает весь производственный цикл: от геологоразведки и трехмерного моделирования до контроля над горным производством, планирования и управления данными.

В работе широко используются региональные картографические и фактографические базы данных по месторождениям твердых полезных ископаемых.

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

Для освоения дисциплины используется специализированный учебный компьютерный класс, объединенный в сеть (15 компьютеров), с выходом в Internet, периферическим оборудованием (дигитайзеры, сканер) и индивидуализированным пользовательским входом студентов.

В учебном процессе используются региональные картографические базы данных в цифровом виде.

Практические занятия проводятся в аудитории с мультимедийным телевизионным оборудованием.

Воронежский университет обладает одной сетевой продляемой лицензией на горно-геологическую информационную систему Micromine на 25 рабочих мест для учебных целей.

**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	<p><i>Знать:</i> круг задач, которые решает геостатистика и ее основные понятия; принципы и методы моделирования корреляции количественных геологических данных в 3-х мерном пространстве</p> <p><i>Уметь:</i> формулировать геологические задачи в виде, пригодном для их решения геостатистическими методами; выбирать приемлемые и наиболее эффективные геостатистические методы решения геологических задач</p> <p><i>Владеть (иметь навык(и)):</i> методами проведения геостатистических исследований, в т.ч. расчета анизотропии изменчивости полезных компонентов месторождений, создавать пространственные ковариационные (вариографические) модели рудных тел и их отдельных участков.</p>	Введение в геостатистику	Практ.: 2.1.1; Лаб.: 3.1.1
ПК-4		Методы моделирования пространственной корреляции	Практ.: 2.1.2-3; Лаб.: 3.1.2-3
ПК-6		Методы анализа пространственной корреляции	Практические работы: 2.1.4-5; Лабораторные работы: 3.1.4-5
Промежуточная аттестация			Комплект КИМ № 1

\* В графе «ФОС» в обязательном порядке перечисляются оценочные средства текущей и промежуточной аттестаций.

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

В течение обучения дисциплине осуществляется непрерывный контроль усвоения пройденного материала.

1. Непосредственный контакт с каждым обучающимся во время лабораторных занятий по обсуждению результатов работы и проверке понимания выполняемой работы;
2. Промежуточные аттестации по завершённым темам по оценке теоретических знаний и в виде индивидуальных практических заданий.

### Критерии оценок теста при бально-рейтинговой системе:

**Отлично:** более 80 баллов.

**Хорошо:** 61 – 80 баллов.

**Удовлетворительно:** 41 – 60 баллов.

**Неудовлетворительно:** менее 40 баллов.

### Критерии оценок зачета

**Зачтено:** Полное самостоятельное выполнение лабораторных и практических заданий. Знание основных теоретических положений и практических методов геостатистического анализа.

**Не зачтено:** Не выполнение лабораторных заданий. Отсутствие целостного представления по теме.

### **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 зачету**

##### Раздел 1. Введение в геостатистику.

Основные задачи, подходы и этапы анализа пространственно распределенных данных геологического опробования.

Основные понятия и элементы геостатистики

Геологическое признаковое пространство, шкалы измерений.

Пространственное разрешение и кластерность данных, декластеризация и композитирование данных.

Геостатистическое оценивание, проверка качества модели – кросс-валидация.

##### Раздел 2. Методы моделирования пространственной корреляции

Основные методы моделирования пространственной корреляции.

Методы линейного моделирования пространственной корреляции.

Методы полиномиального моделирования пространственной корреляции.

Методы моделирования пространственной корреляции на основе базисных функций.

Основные методы геостатистической интерполяции.

Основные постулаты метода кригинга.

Многопеременное пространственное моделирование.

Стохастическое моделирование пространственной неопределенности.

Сравнительный анализ геостатистических методов моделирования пространственной корреляции.

##### Раздел 3. Методы анализа пространственной корреляции

Методика вариографического анализа.

Пространственная непрерывность, меры пространственной корреляции.

Характеристика графика и поведение вариограммы в зависимости от степени корреляции пространственных данных.

Алгоритм вариографического анализа данных геологического опробования по скважинам в 3-х мерном пространстве.

Всенаправленные вариограммы, направленные полувариограммы, вариограммы вдоль по скважине.

Построение и характеристика карт полувариограмм.

Современные направления развития геостатистики.

Пространственно-временная геостатистика.

#### **19.3.2 Перечень лабораторных и практических заданий (п.13.1)**

##### **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 формах устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа); письменных работ (защита лабораторных и практических работ); 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 и понимание выполненных аудиторных заданий, а также оценить степень формирования умений и навыков практического применения ГГИС. При оценивании используются количественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.