

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства
Кафедра геотехнологий и безопасности производств



УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебной работе
Д.В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Геостатистика

(наименование дисциплины)

21.05. 02 Прикладная геология

(код, наименование направления)

Геологическая съемка, поиски и разведка
месторождений твердых полезных ископаемых

(профиль подготовки)

Квалификация специалист
(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения очная, заочная
(очная, очно-заочная, заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Цели дисциплины. Целью курса является изучение теоретических основ и практических методов геостатистики, представляющей собой оригинальную математическую дисциплину, получившую широкое распространение при геологической разведке, оценке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых.

Задачи дисциплины.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

иметь представление: об основных принципах, концептуальных и теоретических моделях геостатистики, областях ее эффективного применения, основных отличиях от классических методов геометрии недр, теории вероятностей и математической статистики, используемых при оценке запасов полезных ископаемых;

знать и уметь использовать: геометрические модели и отличительные особенности технологий разведочной оценки месторождений различных морфологических и структурных типов; определение, структурные особенности, типы и основные математические модели обобщенных геостатистических функций – вариограмм; возможности использования вариограмм для оценки дисперсии опробования, характеристики взаимосвязей между пробами с различной геометрией, ошибок подсчета запасов; основную концептуальную и математическую модель кригинга, его разновидности, возможности использования для оценки запасов руд; основные формулы теории вероятностей и математической статистики для оценки ошибок подсчета запасов; технику оценки и математического моделирования вариограмм по данным разведочного опробования месторождений; основные приемы и практические способы определения ошибок дисперсии опробования и оценки запасов;

владеть навыками: содержательного анализа геологоразведочной системы с целью выбора наиболее эффективных геостатистических процедур анализа и оценки конкретного месторождения; структурного анализа вариограмм, подбора их математических моделей; практического использования моделей вариограмм для оценки дисперсий опробования, ошибок подсчета запасов и наиболее простых процедур кригинга, геостатистических номограмм.

Дисциплина направлена на формирование общепрофессиональных компетенций (ОПК-6; ОПК-16) выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины – курс входит в часть Блока 1, формируемую участниками образовательных отношений по специальности 21.05.02 «Прикладная геология», направленности (профилю) «Геологическая съёмка, поиски и разведка месторождений твёрдых полезных ископаемых».

Дисциплина реализуется кафедрой геотехнологий и безопасности производств. Основывается на базе дисциплин: «Геология», «Информатика», «Начертательная геометрия», «Инженерная и компьютерная графика», «Поиски и оценка месторождений».

Является основой для изучения следующих дисциплин: «Компьютерные технологии решения геологических задач», «Поиски и разведка угольных месторождений», «Выпускная квалификационная работа».

Общая трудоемкость освоения дисциплины для очной формы обучения составляет 3 зачетных единицы, 108 ак. ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (18 ак. ч.), практические (18 ак. ч.) занятия и самостоятельная работа студента (72 ак. ч.).

Для заочной формы обучения программой дисциплины предусмотрены лекционные (4 ак. ч.), практические (2 ак. ч.) занятия и самостоятельная работа студента (102 ак. ч.).

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет.

3 Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Процесс изучения дисциплины «Геостатистика» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен работать с программным обеспечением общего, специального назначения, в том числе моделировать горные и геологические объекты	ОПК-6	ОПК-6.1. Знать современное программное обеспечение общего, специального назначения, в том числе программы математического моделирования, цифровой обработки информации, средств трехмерной визуализации полученных результатов, в области своей профессиональной деятельности. ОПК-6.2. Уметь производить выбор программного обеспечения общего, специального назначения. ОПК-6.3. Владеть практическими навыками работы с программным обеспечением общего и специального назначения.
Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-16	ОПК-16.1. Знать процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, представления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов (информационные технологии). ОПК-16.2. Знать современные инструментальные среды, программно-технические платформы и программные средства, в том числе отечественного производства, используемые для решения задач профессиональной деятельности, и принципы их работы. ОПК-16.3. Уметь выбирать и использовать современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы и программные средства, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности. ОПК-16.4. Уметь анализировать профессиональные задачи, выбирать и использовать подходящие ИТ-решения. ОПК-16.5. Владеть навыками работы с лежащими в основе ИТ-решений данными.

		ОПК-16.6. Владеть навыками применения современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, инструментальных сред, программно-технических платформ и программных средств, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности.
--	--	---

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётных единицы, 108 ак. ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим занятиям, текущему контролю, самостоятельное изучение материала и подготовку к зачету.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч. очная форма	Всего ак.ч. заочная форма
Аудиторная работа, в том числе:	36	6
Лекции (Л)	18	4
Практические занятия (ПЗ)	18	2
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	72	102
Подготовка к лекциям	18	-
Самостоятельное изучение теоретического материала	22	75
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	18	2
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	-	-
Домашнее задание (выполнение контрольной работы)	-	10
Подготовка к контрольной работе	-	-
Подготовка к коллоквиуму	2	-
Аналитический информационный поиск	5	5
Работа в библиотеке	5	8
Подготовка к зачету	2	2
Промежуточная аттестация – зачет (З)	3 (2)	3 (2)
Общая трудоемкость дисциплины		
ак. ч.	108	108
з. е.	3	3

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п. 3, дисциплина разбита на 5 тем:

- тема 1 (Методы оценки запасов полезных ископаемых);
- тема 2 (Вариограммы);
- тема 3 (Геостатистические методы оценки ошибок разведки);
- тема 4 (Модели и методы кригинга);
- тема 5 (Компьютерные технологии геостатистики).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и заочной формы приведены в таблице 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Методы оценки запасов полезных ископаемых	Геологическая оценка запасов (общие формулы подсчета запасов; технологии геологической оценки запасов: технология блоков, технологии разрезов, вычисление средних значений подсчетных параметров). Оценка запасов с использованием геометрии недр (способы изогипс, изолиний). Вероятно-статистическая оценка запасов (общие сведения о случайных величинах; нормальное распределение вероятностей, использование нормального распределения для определения ошибки оценивания средних значений, определение ошибки оценивания площади рудных тел, определение ошибок оценивания запасов руды и металла; логарифмически нормальное распределение вероятностей, оценка промышленных запасов металла; основные преимущества и недостатки вероятностного метода оценки запасов.	6	1. Подсчет запасов угля по гипсометрическому плану, по технологии геологической оценки запасов 2. Анализ распределения содержания свинца в полиметаллическом месторождении	6 4
2	Вариограммы	Пространственные переменные, случайные функции, вариограммы. Структурный анализ вариограмм (локальная вариограмма, структурные типы локальных вариограмм, двумерные, трехмерные вариограммы). Геоestatистическая стратегия классификации запасов, требования к классификации.	4	3. Расчет экспериментальной вариограммы	4
3	Геоestatистические методы оценки ошибок разведки.	Общая схема оценивания. Вспомогательные функции: одномерные, двумерные, трехмерные. Локальные модели оценивания: оценка собственных дисперсий, оценка ковариаций, дисперсии оценивания. 2D-модели оценивания для плоских блоков и проб. Объемные модели оценивания. Композиции дисперсий распространения. Линейные эквиваленты.	2		

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.
4	Модели и методы кригинга.	Теоретические основы кригинга. Система уравнений кригинга. Модификации кригинга (точечный, стандартный кригинг блоков, секторный, общий, элементарный, смещенный). Сопоставление эффективности различных методов кригинга.	4		
5	Компьютерные технологии геостатистики.	Каркасные, блочные модели месторождений. Горно-геологические информационные системы: общие сведения, примеры популярных продуктов.	2	4. «Сравнение детерминистических и геостатистических методов»	4
Всего аудиторных часов			18	18	

Таблицы 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Методы оценки запасов полезных ископаемых	Геологическая оценка запасов. Вероятно-статистическая оценка запасов (общие сведения о случайных величинах; нормальное распределение вероятностей, использование нормального распределения для определения ошибки оценивания средних значений)	2	1. Анализ распределения содержания свинца в полиметаллическом месторождении	2
2	Вариограммы	Пространственные переменные, случайные функции, вариограммы. Структурный анализ вариограмм (локальная вариограмма, структурные типы локальных вариограмм, двумерные, трехмерные вариограммы).	1	2. Расчет экспериментальной вариограммы	2
3	Модели и методы кригинга.	Теоретические основы кригинга. Система уравнений кригинга. Составление эффективности различных методов кригинга.	0,5		
4	Компьютерные технологии геостатистики.	Каркасные, блочные модели месторождений. Горно-геологические информационные системы: общие сведения, примеры популярных продуктов.	0,5		
Всего аудиторных часов			4	4	

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОПК-6, ОПК-16	Зачет	Комплект контролирующих материалов для зачета

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

– тестовый контроль или устный опрос на коллоквиумах (2 работы) – всего 40 баллов;

– практические работы – всего 60 баллов;

Зачет проставляется автоматически, если студент набрал в течении семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60% от максимального.

Зачет по дисциплине «Геостатистика» проводится по результатам работы в семестре. В случае, если полученная в семестре сумма баллов не устраивает студента, во время зачетной недели студент имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п.п. 6.2), либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачёт/экзамен
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Контрольные вопросы

1. Задачи геостатистики при разведке месторождений ПИ.
2. Что является предметом изучения геостатистики?
3. Приведите общие формулы подсчета запасов ПИ.
4. Способ геологических блоков при подсчете запасов ПИ.
5. Способ среднего арифметического при подсчете запасов ПИ.
6. Способ многоугольников при подсчете запасов ПИ.
7. Способ треугольников при подсчете запасов ПИ.
8. Способ эксплуатационных блоков при подсчете запасов ПИ.
9. Способ разрезов при подсчете запасов ПИ.
10. Способ изогипс при подсчете запасов ПИ.
11. Способ изолиний при подсчете запасов ПИ.
12. Общие сведения о случайных величинах.
13. Опишите нормальное распределение вероятностей.
14. Определение ошибки оценивания площади рудных тел.
15. Определение ошибок оценивания запасов руды и металла.
16. Опишите логарифмически нормальное распределение вероятностей.
17. Опишите недостатки вероятностно-статистического метода оценки запасов.
18. Характерные свойства пространственной переменной.
19. Характеристики случайных функций.
20. Свойства и область применения локальной вариограммы.
21. Опишите структурные типы локально вариограммы.
22. Применение двумерных вариограмм.
23. Применение объемных вариограмм.
24. Опишите требования к классификации измеренных и исчисленных запасов ПИ.
25. Опишите технику оценки локальных вариограмм.
26. Опишите сферическую модель локальной вариограммы.
27. Опишите экспотенциальную модель локальной вариограммы.
28. Опишите модель Гаусса.
29. Опишите линейную модель локальной вариограммы.
30. Опишите степенную модель локальной вариограммы.
31. Опишите логарифмическую модель локальной вариограммы.
32. Опишите технику оценки двумерных вариограмм при изотропной изменчивости.
33. Опишите технику оценки двумерных вариограмм при анизотропной изменчивости.
34. Опишите общую схему оценивания разведки геостатистическими

методами.

35. Одномерные вспомогательные функции при оценивании разведки геостатистическими методами.
36. Двумерные вспомогательные функции при оценивании разведки геостатистическими методами.
37. Трехмерные вспомогательные функции при оценивании разведки геостатистическими методами.
38. Локальные модели оценивания разведки геостатистическими методами.
39. Дисперсии оценивания разведки геостатистическими методами.
40. Опишите объемные модели оценивания разведки геостатистическими методами.
41. Опишите теоретические основы кригинга.
42. Классификация кригинга по размерам оцениваемых объемов недр.
43. Классификация кригинга по количеству и геометрическим параметрам данных опробования.
44. Классификация кригинга по алгоритму оценки.
45. Применение точечного кригинга.
46. Применение стандартного кригинга блоков.
47. Применение секторного кригинга.
48. Применение общего кригинга.
49. Применение элементарного кригинга.
50. Применение смещенного кригинга.
51. Применение каркасных моделей месторождения.
52. Применение блочных моделей месторождения.
53. Характеристики и возможности горно-геологических информационных систем.
54. Опишите схему формирования цифровой модели месторождения с использованием ГИС K-MINE.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1. Щеглов, В. И. Геоestatистические методы анализа и оценки месторождений: учеб. пособие. Электронное издание / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. Новочеркасск: ЮРГТУ, 2022. 167 с. URL: <https://www.geokniga.org/books/10480> — Текст : электронный.

Дополнительная литература

2. Армстрон, М. Основы линейной геостатистики (перевод с англ.). 1998. <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-lineynoy-geostatistiki-armstrong-m-1998.pdf>
3. Давил, М. Геоestatистические методы при оценке запасов руд. - Л.: Недра, 1980.-360с. <https://www.geokniga.org/books/194>
4. Капутин, Ю. Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. - СПб.: «Недра», 2002.- 424с. <https://www.geokniga.org/books/50>

Учебно-методическое обеспечение

1. Методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Геоestatистика». <https://3kl.dontu.ru/mod/folder/view.php?id=79839>

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ : официальный сайт. — Алчевск. — URL: library.dstu.education. — Текст : электронный.
2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>. — Текст : электронный.
3. Консультант студента : электронно-библиотечная система. — Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>. — Текст : электронный.
4. Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система. — URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red. — Текст : электронный.
5. IPR BOOKS : электронно-библиотечная система. — Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. — Текст : электронный.
6. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) : официальный сайт. — Москва. — <https://www.gosnadzor.ru/>. — Текст : электронный.

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Специальные помещения:	
<i>Мультимедийная аудитория, оборудованная специализированной (учебной) мебелью (скамья учебная, стол компьютерный – 1 шт., доска аудиторная– 2 шт.), АРМ учебное ПК (монитор + системный блок), мультимедийная стойка с оборудованием – 1 шт., широкоформатный экран.</i>	ауд. <u>102</u> корп. <u>6</u>
Аудитории для проведения практических занятий, для самостоятельной работы:	ауд. <u>215</u> корп. <u>6</u>
<i>Компьютерный класс (25 посадочных мест), оборудованный учебной мебелью, компьютерами с неограниченным доступом к сети Интернет, включая доступ к ЭБС.</i>	ауд. <u>419</u> корп. <u>6</u>
	ауд. <u>114</u> корп. <u>6</u>
	ауд. <u>121</u> корп. <u>6</u>
<i>Учебные аудитории, имеющие наглядные пособия, чертежные и измерительные инструменты</i>	ауд. <u>202</u> корп. <u>6</u>

**Лист согласования рабочей программы дисциплины
«Геостатистика»**

Разработал:

Старший преподаватель
кафедры геотехнологий и
безопасности производств


(подпись)

В. В. Николаенко

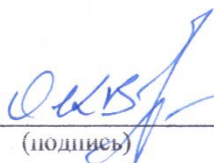
И. о. заведующего кафедрой
геотехнологий и безопасности
производств


(подпись)

О. Л. Кизияров

Протокол № 1 заседания кафедры геотехнологий и безопасности производств
от 27.08.2024.

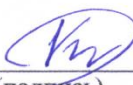
И. о. декана факультета
горно-металлургической
промышленности и
строительства


(подпись)

О. В. Князьков

Согласовано:

Председатель методической
комиссии по специальности
21.05.02 Прикладная геология


(подпись)

О. Л. Кизияров

Начальник учебно-
методического центра


(подпись)

О. А. Коваленко

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	