

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии  
наименование кафедры, отвечающей за реализацию дисциплины

Зинюков Ю.М.

подпись, расшифровка подписи

18.04.2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.33 Моделирование гидрогеологических процессов

1. Код и наименование направления подготовки: 05.03.01 «Геология»
2. Профиль подготовки: поиски, разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания
3. Квалификация выпускника: бакалавр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: кафедра гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии
6. Составители программы: Устименко Юрий Алексеевич, старший преподаватель
7. Рекомендована: научно-методическим советом геологического факультета, протокол № 5 от 15.04.2022
8. Учебный год: 2025 - 2026 Семестр(ы): 8

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целями освоения учебной дисциплины являются:

- изучение методов математического моделирования гидрогеологических процессов.

Задачи учебной дисциплины:

- рассмотреть основы модельных построений;
- исследовать методику схематизации гидрогеологических и инженерно-геологических условий;
- изучить методы моделирования при решении гидрогеологических и инженерно-геологических задач.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:

Блок Б1, дисциплина вариативной части, формируемой участниками образовательных отношений.

Требование к входным знаниям, умениям и навыкам по дисциплинам: бакалавры должны обладать знаниями базовых дисциплин и дисциплин гидрогеологического цикла («Гидрогеология», «Гидрогеохимия», «Динамика подземных вод»)

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

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК-5	Способен применять современные цифровые технологии при решении гидрогеологических и инженерно-геологических задач	ПК-5.2	Моделирует гидрогеологические процессы, оценивает точность и достоверность прогнозов.	<u>Знать:</u> принципы построения расчетных схем и математических моделей <u>Уметь:</u> выполнять типизацию и схематизацию гидрогеологических условий <u>Владеть:</u> навыками моделирования гидрогеологических процессов и оценки точности прогнозов.

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2 /72

Форма промежуточной аттестации – зачет.

## 13. Трудоемкость по видам учебной работы

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

### 13.1. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Принципы и исходные данные геофильтрационного моделирования	Гидрогеологическая схематизация и постановка геофильтрационного моделирования. (гидрогеологическая схема, гидродинамическая схема, модель)	-
1.2	Гидродинамические основы геофильтрации	Гидродинамическая типизация условий движения подземных вод, основные дифференциальные уравнения плановой фильтрации, краевые условия фильтрации, математические основы моделирования фильтрационных процессов.	-
1.3	Методологические основы построения математической модели геофильтрации	Типизация задач геофильтрационного моделирования (типизация задач геофильтрационного моделирования, схематизация области моделирования, принципы пространственной дискретизации фильтрационного поля, дискретизация процесса по времени, методы решения задач плановой фильтрации).	-
1.4	Моделирование нестационарной геофильтрации	Построение моделей плановых потоков. Емкостные модели плановых потоков. Построение моделей плановых потоков. Обратные задачи плановой нестационарной фильтрации Моделирование массопереноса. Современные программные средства математического моделирования геофильтрации на ЭВМ.	-
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Принципы и исходные данные геофильтрационного моделирования	Основные модельные представления	-
2.2	Гидродинамические основы геофильтрации	Основные принципы и последовательность схематизации гидрогеологических условий. Критерии схематизации.	-
2.3	Методологические основы построения математической модели геофильтрации	Моделирование стационарной фильтрации	-
2.4.	Моделирование нестационарной геофильтрации	Моделирование нестационарной фильтрации в безнапорных пластах	
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Принципы и исходные данные геофильтрационного моделирования	-	-
3.2	Гидродинамические основы геофильтрации	-	-
3.3	Методологические основы построения математической модели геофильтрации	Построение математической модели напорной фильтрации	-
3.4.	Моделирование нестационарной геофильтрации	Построение математической модели безнапорной фильтрации	-

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (количество часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего

1.1	Принципы и исходные данные геофильтрационного моделирования	2	2		6	10
1.2	Гидродинамические основы геофильтрации	4	4		12	20
1.3	Методологические основы построения математической модели геофильтрации	4	4	6	12	26
	Моделирование нестационарной геофильтрации	2	2	6	6	16

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

Обучающиеся должны использовать опубликованные учебно-методические пособия по курсу «Мониторинг подземных вод» и сопряженные с ним материалы из перечня основной и дополнительной литературы. Дополнительные ресурсы: электронный учебный курс с оперативно обновляемой информацией и цифровыми ресурсами (электронные программы курсов, электронные варианты учебных пособий и методических рекомендаций, варианты практических заданий, гиперссылки на интернет-ресурсы с быстрым доступом, презентации, тесты, кейс-задания, доступ к внешним видео-ресурсам в рамках электронной среды и др.). В рамках электронной учебной среды реализуется интерактивный вариант общения со студентами в режиме онлайн (электронное обучение и дистанционные образовательные технологии в электронно-образовательной среде университета на программной платформе LMS Moodle).

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

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Шестаков В.М. Гидрогеодинамика : учебник для студ. вузов, обуч. по специальности 020304 - "Гидрогеология и инженерная геология" / В.М. Шестаков ; Моск. гос. ун-т им. М.В.Ломоносова, Геол. фак. — М. : КДУ, 2009. — 333 с. : ил. — Библиогр.: с.307-322. — ISBN 978-5-98227-514-1.
2	Мерсон, Е. Л. Математические методы моделирования в геологии : учебное пособие / Е. Л. Мерсон. — Пермь : ПНИПУ, 2008. — 209 с. — ISBN 978-5-398-0075-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/160851">https://e.lanbook.com/book/160851</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3	Лукнер Л., Шестаков В.М. Моделирование геофильтрации. — М. : Недра, 1976. — 407 с. : ил.

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

№ п/п	Ресурс
4	ЭБС "Университетская библиотека online" <a href="https://biblioclub.ru">https://biblioclub.ru</a>
5	Научная электронная библиотека <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
6	Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
7	Электронно-библиотечная система «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
8	Электронно-библиотечная система «РУКОНТ» (ИТС Контекстум) <a href="http://rucont.ru">http://rucont.ru</a>
9	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>
10	Электронный курс «Моделирование гидрогеологических процессов» : <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7414">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=7414</a>
11	Бесплатный некоммерческий справочно-образовательный портал для геологов, студентов-геологов <a href="http://www.geokniga.org/">http://www.geokniga.org/</a>
12	Бесплатный некоммерческий портал с научно-популярной и учебной литературой по геологии <a href="http://www.jurassic.ru/amateur.htm">http://www.jurassic.ru/amateur.htm</a>

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

№ п/п	Источник
1	<i>Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 1993-2020.</i>
2	ГИС-Атлас «Недра России» - [Электронный ресурс] - <a href="http://atlaspacket.vsegei.ru/#9fab3e7b31cb53738">http://atlaspacket.vsegei.ru/#9fab3e7b31cb53738</a>

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ, электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):

Программа курса реализуется с применением дистанционных технологий (электронное обучение и дистанционные образовательные технологии в электронно-образовательной среде университета на программной платформе LMS Moodle)

№пп	Программное обеспечение
1	WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc
2	OfficeSTD 2013 RUS OLP NL Acdmc
3	Неисключительные права на ПО Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Расширенный Russian Edition
4	Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах Антиплагиат.ВУЗ
5	Офисное приложение AdobeReader
6	Офисное приложение DjVuLibre+DjView

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная аудитория (для проведения занятий лекционного типа): специализированная мебель, компьютер, проектор, экран для проектора.
Компьютер Intel(R) Pentium(R) CPU G840 2.80GHz, ОЗУ 4,00 ГБ (9 шт.); компьютер Intel(R) Pentium(R) CPU G870 3.10GHz, ОЗУ 6,00 ГБ (4 шт.); монитор SAMSUNG SyncMaster E1920 (12 шт.); монитор ASER S221NGL; проектор BENQ Digital Projector MS535; презентер OKLICK 695P; камера SVEN; микрофон OKLICKMP-MOO9B; колонки (акустические) SVEN 312, 2.0; экран демонстрационный 2x3 м

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1	Принципы и исходные данные геофильтрационного моделирования	ПК-5	ПК 5.2	Тестовое задание
2	Гидродинамические основы геофильтрации	ПК-5	ПК 5.2	Тестовое задание
3	Методологические основы построения математической модели геофильтрации	ПК-5	ПК 5.2	Лабораторная работа 1
4	Моделирование нестационарной геофильтрации	ПК-5	ПК 5.2	Лабораторная работа 2
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов Комплект КИМ

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций, в том числе при реализации программы курса с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме оценки практических заданий, лабораторных работ, тестирования и др.

Текущий контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### 1. Тестовые задания

*Тест-1-Зачет реализуется в электронной образовательной среде MOODLE*

Тест состоит из 40 вопросов. Правильный ответ - 1 балл. Оценка и баллы:

5 - более 35 правильных ответов (баллов). В процентах 90-100%

4 - более 30 правильных ответов. В процентах 77-90%

3 - более 25 правильных ответов. В процентах 65-77%

2 - менее 25 правильных ответов (или несвоевременная отправка теста). В процентах 0-65%

Разрешено попыток: 2

Ограничение по времени: 20 мин.

#### Тестовые задания:

##### Перечень тем для теста 1:

Модель, моделирование виды модельных представлений.

Типизация гидрогеологических условий.

Схематизация гидрогеологических условий, последовательность и критерии схематизации.

Принципы дискретизации области моделирования.

Прямые и обратные задачи моделирования.

##### Перечень тем лабораторных работ

1. Построение математической модели напорной фильтрации
2. Построение математической модели безнапорной фильтрации

Для оценивания результатов лабораторных занятий используется шкала: «зачтено-не зачтено».

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся выполнил задание	<i>Зачтено</i>
Обучающийся не выполнил задание	<i>Не зачтено</i>

### 20.2. Промежуточная аттестация

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 степень умений и навыков.

При оценивании используются качественные шкалы оценок.

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

*Перечень вопросов к зачету*

1. Гидродинамические основы фильтрации. Основные дифференциальные уравнения геофильтрации.
2. Гидродинамические основы фильтрации. Напор. Закон Дарси.
3. Гидродинамические основы фильтрации. Емкостные свойства водовмещающих горных пород.
4. Геофильтрация подземных вод. Типы задач моделирования геофильтрации.
5. Гидродинамические основы фильтрации. Фильтрационное сопротивление.
6. Моделирование. Модель. Виды модельных представлений.
7. Графические представления. Словесные описания.
8. Информационно-логические модели. Математические модели.
9. Реализация математических моделей геофильтрации подземных вод.
10. Геофильтрационная схематизация области моделирования.
11. Гидрогеологическая схема (ГГС).
12. Расчетная схема.
13. Выбор шага дискретизации области моделирования.
14. Краевые условия дискретных плановых потоков.
15. Граничные условия. Задание граничных условий дискретных плановых потоков.
16. Начальные условия. Задание начальных условий дискретных плановых потоков.
17. Метод конечных разностей.
18. Методы конечно-разностных решений двумерных задач геофильтрации.
19. Метод конечных разностей. Явные и неявные схемы.
20. Метод конечных разностей. Устойчивость, аппроксимация и сходимость разностных схем.
21. Конечно-разностные водно-балансовые уравнения плановой фильтрации.
22. Этапы проведения эксперимента по моделированию процесса геофильтрации подземных вод.

Зачет может приниматься в письменной форме с последующим устным ответом на вопросы, может быть выставлен по результатам текущих аттестаций, по результатам выполнения практических занятий и индивидуальных заданий. При реализации курса с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий допускается только устная форма ответа или тестирование.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется шкала: «зачтено», «не зачтено».

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач методом математического моделирования	<i>Повышенный уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, допускает ошибки при решении практических задач методом математического моделирования	<i>Базовый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен дать ответ на дополнительный вопрос, не умеет применять теоретические знания при решении практических задач методом математического моделирования	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки при решении практической задачи	–	<i>Не зачтено</i>

### 20.3. Фонд оценочных средств сформированности компетенций (перечень заданий) ПК-5 Способен применять современные цифровые технологии при решении гидро-геологических и инженерно-геологических задач

#### 1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

ЗАДАНИЕ 1. При построении математической модели гидрогеологических условий пространственное распределение значений параметра отражается в виде:

- Словесные описания
- Графические представления
- **Картограмм параметра**

ЗАДАНИЕ 2. Что такое типизация гидрогеологических условий

- Выделение типа геологической среды
- Выделение типовых водоносных горизонтов
- **Гидродинамическое районирование сложно построенной территории, с выделением однотипных, по ГД особенностям строения и воздействию внешних факторов, участков**

ЗАДАНИЕ 3. Что такое схематизация

- Построение схемы движения подземных вод
- Построение схемы расположения водозаборов
- **Упрощение гидродинамических условий**

#### 2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

ЗАДАНИЕ 1. Задание емкостных параметров необходимо при решении ... задач.

**Ответ:** нестационарных

ЗАДАНИЕ 2. При моделировании питания водоносного пласта задаются параметры емкости и коэффициента фильтрации по ... .

**Ответ:** вертикали (или: оси Z)

#### 3) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

ЗАДАНИЕ 1. Модель, моделирование, основные виды модельных представлений.

Ответ: **Модель**-абстрактное или вещественное отображение объектов или процессов, адекватное исследуемым объектам или процессам в отношении некоторых заданных критериев подобия.

**Моделирование** — исследование объектов познания на их моделях; построение и изучение моделей реально существующих предметов, процессов или явлений с целью получения новых знаний об этих процессах и явлениях, а также для предсказания поведения процессов и явлений в условиях, интересующих исследователя.

Основные виды модельных представлений

1. **Графические представления**
2. Словесные описания
3. **Информационно-логические модели**
4. Математические модели

#### **Критерии и шкалы оценивания заданий для оценки сформированности компетенций:**

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

#### 1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

#### 2) открытые задания (тестовые, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;

- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

3) открытые задания (ситуационные задачи, средний уровень сложности):

- 5 баллов – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
- 2 балла – выполнение задания содержит незначительные ошибки, но приведен правильный ход рассуждений, или получен верный ответ, но отсутствует обоснование хода его выполнения (если оно было необходимым), или задание выполнено не полностью, но получены промежуточные (частичные) результаты, отражающие правильность хода выполнения задания, или, в случае если задание состоит из выполнения нескольких подзаданий, 50% которых выполнено верно;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).