

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт геологии и нефтегазовых технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Е.А. Турилова

28 февраля 2025 г.

подписано электронно-цифровой подписью

## Программа дисциплины

Компьютерное моделирование гидрогеодинамических и гидрогохимических процессов

Направление подготовки: 05.04.01 - Геология

Профиль подготовки: Инженерная геология и гидрогоеология урбанизированных территорий

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

## **Содержание**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Мусин Р.Х. (Кафедра общей геологии и гидрогеологии, Институт геологии и нефтегазовых технологий), Rustam.Musin@kpfu.ru

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-5	Способен применять практические навыки научно-исследовательских работ в области прогнозирования, моделирования изменения гидрогеологической, геологической, инженерно-геологической обстановки под воздействием природных и техногенных процессов и организовывать мониторинг геологической среды с применением цифровых технологий

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

современные методы создания, редактирования, хранения и организации пространственных данных; современные методы обработки и анализа разных видов пространственной информации; ряд программных комплексов, применяемых для обработки гидрогеодинамической и гидрохимической информации и моделирования (Excel, Statistica, Surfer, Modflow).

Должен уметь:

использовать информацию из различных источников для решения профессиональных и социальных задач;  
использовать профильно-специализированные информационные технологии для решения широкого круга гидрогеологических и геоэкологических задач;  
свободно ориентироваться в терминологии; создавать геофiltрационные и геомиграционные модели.

Должен владеть:

иметь навыки работы с компьютером, как средством управления информацией;  
работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;  
практическими навыками работы с рядом широко используемых специализированных программных комплексов.

Должен демонстрировать способность и готовность:

готов работать с компьютером, как средством управления информацией;  
готов работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;  
готов применять практические навыки с программами и их специализированными приложениями;  
готов обрабатывать гидрогеологическую информацию, схематизировать гидрогеологические условия территорий и создавать геофiltрационные и геомиграционные модели;  
способен свободно ориентироваться в терминологии;  
способен использовать информацию из различных источников для решения профессиональных и социальных задач;  
способен использовать специализированные программные продукты для решения широкого круга гидрогеологических задач.

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 05.04.01 "Геология (Инженерная геология и гидрогеология урбанизированных территорий)" и относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 1 курсе в 2 семестре.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 31 часа(ов), в том числе лекции - 10 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 20 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 77 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет во 2 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- мestr	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стое- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Вводная часть. Обзор программных продуктов, широко применяемых для обработки гидрогеологической информации.	2	2	0	0	0	4	0	8
2.	Тема 2. Фильтрация, тепло- и массоперенос в потоках подземных вод. Моделирование геофiltрации.	2	6	0	0	0	16	0	52
3.	Тема 3. Гидрохимическое моделирование.	2	4	0	0	0	4	0	11
	Итого		12	0	0	0	24	0	71

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Вводная часть. Обзор программных продуктов, широко применяемых для обработки гидрогеологической информации.**

Общая характеристика дисциплины. Тенденции современного мирового развития методов обработки численной информации. Краткий обзор программных продуктов, широко применяемых для обработки гидрогеологической информации. Возможности статистического анализа, предоставляемые Excel, Statistica. Корреляционный, регрессионный, факторный, кластерный и дискриминантный анализы. Моделирование в Surfer. Моделирование геофильтрации; характеристика программы Modflow. Гидрохимическое моделирование; программы Hch, Селектор.

**Тема 2. Фильтрация, тепло- и массоперенос в потоках подземных вод. Моделирование геофильтрации.**

Формы массопереноса в горных породах: конвекция, диффузия, гидродинамическая дисперсия (продольная и поперечная).

Модель конвективного переноса в гомогенных породах с учетом равновесных и неравновесных процессов массообмена. Коэффициент замедления.

Гидродинамическая дисперсия. Модель конвективно-дисперсионного переноса в гомогенных породах. Скорость переноса фронта загрязнения, оценка размеров переходной зоны. Влияние вида изотермы сорбции на переходную зону. Роль поперечного рассеивания в плановом потоке.

Модели гетерогенно-блоковой среды, модели переноса в слоистых пластах. Макродисперсия.

Теплоперенос в фильтрационном потоке: физические основы, применение данных термометрии для определения элементов потока подземных вод в водоносных и разделяющих пластах.

Расчеты массопереноса в зоне аэрации, оценка защищенности грунтовых вод.

Построение траекторий движения частиц на основе сеточного поля скоростей с использованием компьютерного моделирования, интерполяционный расчет поля скоростей.

Численное моделирование массо- и теплопереноса с использованием методов конечных разностей и характеристик. Численное моделирование фильтрационных потоков переменной минерализации.

Постановка геофильтрационных задач (прогнозных, эпигенетических, разведочных), понятие вычислительно-модельных экспериментов.

Аналитические решения уравнений одномерной стационарной и нестационарной геофильтрации. Свободная и подлёгтая фильтрация в ложе водоёмов и водотоков.

Методика компьютерного моделирования геофильтрации: сущность метода конечных разностей (МКР) и конечно разностная сетка. Аппроксимация уравнения геофильтрации с помощью МКР. Система сеточных уравнений геофильтрации, построение сеточных схем профильных и плановых, квазитрёхмерных и трёхмерных потоков, вывод конечно-разностных уравнений, явные и неявные разностные схемы.

Принципы и методы калибровки геофильтрационных моделей.

Определение геофильтрационных параметров водоносных пластов и интенсивности инфильтрации по данным режимных наблюдений.

Моделирование влагопереноса для расчётов инфильтрационного питания и определения параметров влагопереноса.

Основные принципы численного моделирования геофильтрации в пакете PM-5 (Processing Modflow).

### **Тема 3. Гидрогохимическое моделирование.**

Основные группы состава подземных вод (макро-, мезо- и микрокомпоненты, изотопы, растворённые газы, органическое вещество, микроорганизмы). Типичные компоненты каждой группы. Минерализация.

Основные компоненты состава пород (минералы, органическое вещество, обменный комплекс). Качественные выражения составов. Активность компонентов.

Основные компоненты состава почвенного воздуха и их концентрации. Активные газы. Фугитивность. Растворимость составляющих газов в зависимости от Р-Т условий. Влияние минерализации подземных вод на растворимость (высаливание).

Гидрогохимическая система, ее компоненты и характеристики. Выделение системы. Открытые и закрытые системы. Концентрации и активности компонентов системы. Простая модель процессов. Основной постулат химической кинетики, закон действия масс.

Гомогенные процессы в подземных водах. Комплексообразование и деструкция в природных водах. Равновесие и кинетика. Роль этих процессов в формировании состава подземных вод.

Растворение, осаждение, выщелачивание. Индекс насыщения. Простые модели кинетики растворения. Ионный обмен и сорбция. Возможности сорбции катионов и анионов в зависимости от рН. Модель гомовалентного обмена. Изотермы сорбции. Основные вещества-сорбенты. Роль в процессах формирования состава подземных вод.

Окисление-восстановление, Eh. Особенности накопления и закономерности миграции макрокомпонентов.

Консервативные и неконсервативные вещества. Геохимические барьеры.

Микрокомпоненты подземных вод, их значение для хозяйствственно-питьевого водоснабжения и промышленное использование. Растворённые органические вещества.

Гидрогохимическое моделирование. Формирование модели равновесия в гидрогохимической системе. Задание состава системы. Принципы построения модели состава подземных вод на основании химического анализа.

Моделирование смешивания подземных вод.

Практические примеры применения численного моделирования в гидрогеологии. Структура водного баланса численных моделей геофильтрации.

Моделирование переноса загрязнения по линиям тока подземных вод. Программа PMPATH.

Особенности составления геомиграционных моделей. Программа MT3DMS.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утверждён приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996н/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

Математические методы моделирования в геологии - <http://www.exponenta.ru/educat/systemat/martiyanova/index2.asp>

Методы прогнозирования - <http://window.edu.ru/resource/940/67940/files/ForecastingSukharev.pdf>

Пособие по математической статистике - <http://window.edu.ru/resource/945/53945/files/tv.pdf>

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Все о геологии (неофициальный сайт геофака МГУ) - <http://geo.web.ru/>

Геологическая библиотека Geokniga - <http://www.geokniga.org/>

Информационная система - [http://window.edu.ru/library?p\\_rubr=2.2.74.9](http://window.edu.ru/library?p_rubr=2.2.74.9)

Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

Сайт Российского союза гидрологов - <http://rosgidrogeo.com/>

Центр Гидрогоеэкологии СПбО ИГЭ РАН - [www.hge.psu.ru/](http://www.hge.psu.ru/)

Электронная библиотека Нефть-газ - <http://www.oglib.ru/>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Современные компьютерные технологии - это фундаментальная база, овладение которой дает выпускнику большие конкурентные преимущества при трудоустройстве. Современная гидрогоеология немыслима без компьютерного моделирования гидрогеодинамических и гидрогохимических процессов (моделирования геофильтрации и геомиграции). Методы моделирования используются при оценке запасов подземных вод, разработке крупных месторождений полезных ископаемых, где предполагаются значительные водопритоки в горные выработки, при проведении различных геологических и гидрогоеокологических исследований, и т.д. Освоение компьютерного моделирования процессов, происходящих в подземной гидросфере, - это повышение своей конкурентоспособности, а также приобщение к самому современному и интересному методу исследований. Лекционная часть курса посвящена рассмотрению принципов гидрогеодинамического и гидрогохимического моделирования, а также наиболее широко используемых программных средств. Залогом успешного освоения курса, а следовательно и методов компьютерного моделирования является ответственное отношение к занятиям и добросовестное выполнение домашних заданий.
лабораторные работы	Основная часть лабораторно-практических занятий посвящена освоению численного моделирования геофильтрации (движение подземных вод, программа Modflow в программном комплексе Processing Modflow) и численного моделирования геомиграции (движение вещества в подземных водах (массоперенос), программы MT3D и MT3DMS в программном комплексе Processing Modflow). Предполагается создание нескольких геофильтрационных и геомиграционных моделей различного уровня сложности. Самостоятельное освоение методов моделирования гидрогеодинамических и гидрогохимических процессов без объяснений и помощи преподавателя практически невозможно. Поэтому залогом успешного освоения дисциплины и приобретения необходимых и востребованных на современном рынке труда знаний и умений является активная работа в первую очередь на лабораторно-практических занятиях.
самостоятельная работа	Объём аудиторных занятий невелик, а создание компьютерных моделей, их калибровка и решение прогнозных задач требуют достаточно большого количества времени. Поэтому составление большей части моделей начинается в компьютерном классе вместе с преподавателем, а их завершение с калибровкой и решением поставленных прогнозных задач (расчет максимальной производительности водозаборной скважины (скважин), определение водопритоков в карьер, оценка взаимодействия различных гидрологических объектов, расчет концентрации контаминаента в определенном месте и в определенное время, и т.д.) - в домашних условиях (или самостоятельно в компьютерном классе во вне аудиторное время). Успешность самостоятельной работы определяется степенью усвоения необходимого теоретического материала и практических навыков моделирования, которые преподносятся во время лабораторно-практических занятий.
зачет	Зачет проходит в компьютерном классе. Обучаемые "вытягивают" один теоретический вопрос и модельную задачу. Основное и достаточно длительное время уходит на создание модели, её калибровку и решение ряда обозначенных прогнозных задач. Однаковых модельных задач нет, поэтому успешное прохождение зачетного испытания предполагает наличие твердых начальных навыков компьютерного численного моделирования.

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

## 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
  - продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
  - продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
  - продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 05.04.01 "Геология" и магистерской программе "Инженерная геология и гидрогоеология урбанизированных территорий".

**Приложение 2**

**к рабочей программе дисциплины (модуля)**

**Б1.В.02 Компьютерное моделирование гидрогеодинамических и гидрогохимических процессов**

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 05.04.01 - Геология

Профиль подготовки: Инженерная геология и гидрогоеология урбанизированных территорий

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

**Основная литература:**

1. Компьютерное моделирование : учебник / В.М. Градов, Г.В. Овечкин, П.В. Овечкин, И.В. Рудаков. - Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2023. - 264 с. - ISBN 978-5-906818-79-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1896364> (дата обращения: 22.01.2025). - Режим доступа: по подписке.
2. Ефремов, Г. И. Моделирование химико-технологических процессов : учебник / Г.И. Ефремов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2023. - 260 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - DOI 10.12737/1090526. - ISBN 978-5-16-016255-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1913021> (дата обращения: 22.01.2025). - Режим доступа : по подписке.
3. Назаренко, В. С. Математические методы в гидрогоеологии : учебное пособие для вузов / В. С. Назаренко, О. В. Назаренко. - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета, 2010. - 126 с. - ISBN 978-5-9275-0757-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/550745> (дата обращения: 22.01.2025). - Режим доступа : по подписке.
4. Перевертайло, Т.Г. Основы геологического 3D-моделирования в ПК Petrel 'Sclilimberger' : практикум / Т.Г. Перевертайло ; Томский политехнический университет. - Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2017. - 112 с. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1043886> (дата обращения: 22.01.2025). - Режим доступа : по подписке.
5. Деева, В.С. Компьютерное моделирование в нефтегазовом деле : учебное пособие / В.С. Деева ; Томский политехнический университет. - Томск : Издательство Томского политехнического университета, 2018. - 86 с. - ISBN 978-5-4387-0806-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1043846> (дата обращения: 22.01.2025). - Режим доступа : по подписке.
6. Серебряков, А. О. Экологическое и геологическое моделирование месторождений : монография / А. О. Серебряков, О. И. Серебряков. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 356 с. - ISBN 978-5-8114-3350-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/206327> (дата обращения: 22.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

**Дополнительная литература:**

1. Калинин, Э.В. Инженерно-геологические расчеты и моделирование : учебник / Калинин Э.В. - Москва: Издательство Московского государственного университета, 2006. - 256 с. - ISBN 5-211-04961-6 - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5211049616.html> (дата обращения: 22.01.2025). - Режим доступа : по подписке.
2. Вознесенский, А. С. Моделирование физических процессов в горном деле. Компьютерное моделирование : учебное пособие / А. С. Вознесенский, М. Н. Красилов, Я. О. Куткин. - Москва : МИСИС, 2018. - 97 с. - ISBN 978-5-906953-08-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/108042> (дата обращения: 22.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Гриневский, С. О. Гидрогеодинамическое моделирование взаимодействия подземных и поверхностных вод : монография / С.О. Гриневский. - Москва : ИНФРА-М, 2023. - 153 с. - (Научная мысль). - DOI 10.12737/615. - ISBN 978-5-16-005256-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1922278> (дата обращения: 22.01.2025). - Режим доступа: по подписке.

*Приложение 3*  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
**Б1.В.02 Компьютерное моделирование гидрогеодинамических и  
гидрогохимических процессов**

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая  
перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 05.04.01 - Геология

Профиль подготовки: Инженерная геология и гидрогоеология урбанизированных территорий

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.