

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

Авторы-составители: **Ерофеев Евгений Александрович**  
**Фетисов Вячеслав Владимирович**

Рабочая программа дисциплины

**ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ОПЫТНО-  
ФИЛЬТРАЦИОННЫХ РАБОТ**

Код УМК 101077

Утверждено  
Протокол №2  
от «12» октября 2023 г.

Пермь, 2023

## **1. Наименование дисциплины**

Гидродинамическое моделирование и интерпретация опытно-фильтрационных работ

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « М.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **05.04.01** Геология

направленность Гидрогеология и инженерная геология

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Гидродинамическое моделирование и интерпретация опытно-фильтрационных работ** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**05.04.01** Геология (направленность : Гидрогеология и инженерная геология)

**ОПК.4** Способен работать с программным обеспечением общего, специального назначения, в том числе моделировать горные и геологические объекты

#### **Индикаторы**

**ОПК.4.2** Осуществляет на основе соответствующего программного обеспечения моделирование горных и геологических объектов

**ПК.1** Способен самостоятельно проводить научные эксперименты и исследования в профессиональной области, обобщать и анализировать экспериментальную информацию, делать выводы, формулировать заключения и рекомендации

#### **Индикаторы**

**ПК.1.2** Создает и исследует модели изучаемых объектов на основе использования углубленных теоретических и практических знаний экспериментальных методов исследований в области геологии

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направление подготовки</b>	05.04.01 Геология (направленность: Гидрогеология и инженерная геология)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	1,2
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	48
<b>Проведение лекционных занятий</b>	24
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	24
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	96
<b>Формы текущего контроля</b>	Защищаемое контрольное мероприятие (4) Итоговое контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (1 триместр) Экзамен (2 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Гидрогеодинамическое моделирование. Интерпретация данных опытно-фильтрационных работ. 1 триместр.**

Современные методы гидрогеодинамических расчетов связаны в основном с применением математического моделирования, причем необходимо овладеть теоретическими основами численного моделирования и практическими методами и способами решения как прямых, так и обратных задач геофильтрации. Курс включает знакомство с методами конечных разностей применительно к задачам геофильтрации, методикой моделирования прямых задач геофильтрации, подходами к калибровке геофильтрационных моделей.

#### **Введение в моделирование подземных вод**

Основы гидрогеодинамического моделирования

Постановка задач гидрогеодинамического моделирования: прогноз, эпигноз, верификация и калибровка моделей, разведочное, имитационное моделирование. История развития гидрогеодинамического моделирования – аналитические, физические, аналоговые и численные модели Аналитические и численно-аналитические методы моделирования геофильтрации Математическая постановка геофильтрационных задач. Методы аналитических решений. Использование суперпозиции. Расчеты систем взаимодействующих скважин, способ “большого колодца”, применение метода фильтрационных сопротивлений для расчетов контурных систем дрен и скважин. Геофильтрационные расчеты береговых водозаборов и водозаборов в межпластовых потоках. Расчет области захвата скважины в плановом однородном потоке. Численно-аналитические решения, численно-аналитическое моделирование откачек.

#### **Создание GRID файлов гидрогеологических параметров с помощью ПО Surfer**

Обработка и визуализация двумерных наборов данных, описываемых функцией типа  $z=f(x,y)$ , логика работы с пакетом Surfer

#### **Анализ пьезометрической поверхности подземных вод. ПО Surfer**

Подготовка таблицы данных, вычисление грид-файла (grid) на основе таблиц данных с использование модели крикинга и радиальных базисных функций.

Построение карты гидроизопьез на основе грид-файла в масштабе 1:500.

Анализ карты при помощи инструментов ПО Surfer.

#### **Основы построения моделей подземных вод (часть 1)**

Основы конечно-разностных методов

Принципы численной дискретизации дифференциальных уравнений геофильтрации.

Конечно-разностная сетка. Пространственная и временная аппроксимация. Порядок аппроксимации. Явная и неявная схема. Система сеточных геофильтрационных уравнений. Аппроксимация граничных условий. Методы решения систем сеточных уравнений. Нелинейные задачи геофильтрации.

#### **Моделирование потока подземных вод. Практическая работа "аэропорт"**

Выполнить моделирование потока подземных вод в соответствии с условиями задачи по вариантам.

#### **Моделирование откачки из скважины**

Выполнить моделирование потока подземных вод в соответствии с условиями задачи по вариантам.

### **Гидрогеодинамическое моделирование. Интерпретация данных опытно-фильтрационных работ. 2 триместр.**

#### **Основы построения моделей подземных вод (часть 2)**

Численное моделирование прямых задач геофильтрации

Виды численных конечно-разностных сеток, используемых при решении детальных, локальных и региональных задач. Способы моделирования разделяющих слоев.

Особенности задания внешних граничных условий моделей. Особенности аппроксимации скважин на численных моделях. Аппроксимация водотоков и водоемов, дрен.

Аппроксимация испарения подземных вод. Выбор временной дискретизации для различных типов прогнозных задач. Аппроксимация переменных во времени граничных условий. Особенности моделирования откачек на прямоугольных сетках. Расчет траекторий движения частиц и линий тока по скоростям фильтрации на сеточных моделях. Программа MODFLOW и ее характеристики

### **Гидрогеологические расчеты с учетом данных, полученных на модели**

Гидрогеологические расчеты с учетом данных, полученных на модели

### **Моделирование нестационарной фильтрации**

Моделирование нестационарной фильтрации

### **Графоаналитические способы обработки данных опытно-фильтрационных работ**

Введение в методы калибровки геофильтрационных моделей

Понятие обратной задачи геофильтрации. Некорректность решения. Понятие калибровки геофильтрационных моделей. Общая стратегия калибровки. Функция качества. “Ручные” и автоматизированные способы калибровки. Чувствительность модели к параметрам.

Автоматизированные методы калибровки при помощи пакетов Modflow 2000, Ucode и Pest

### **Откачка из напорного водоносного горизонта**

Интерпретация данных откачки из напорного водоносного горизонта

### **Методы прямой линии**

Методы прямой линии

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Боровский Б. В., Самсонов Б. Г., Язвин Л. С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек/Б. В. Боровский, Б. Г. Самсонов, Л. С. Язвин.-Москва:Недра,1979.-326.- Библиогр.: с. 314-320
2. Синдаловский Л. Н. Справочник аналитических решений для интерпретации опытно-фильтрационных опробований/Л. Н. Синдаловский.-СПб.:Изд-во Санкт-Петерб. ун-та,2006, ISBN 5-288-03868-6.-769.-Библиогр.: с. 751-762
3. Основы гидрогеологических расчетов:[методическое пособие]/Ф. М. Бочеввер [и др.].-2-е изд., перераб. и доп..-Москва:Недра,1969.-367.-Библиогр. в конце глав
4. Гидрогеология и карстоведение.межвузовский сборник научных трудов/М-во науки и высш. образования РФ, Перм. гос. нац. исслед. ун-т ; гл. ред. А. Я. Гаев, отв. ред. В. В. Фетисов.- Пермь:ПГНИУ,2023.Вып. 21.-1962.-144, ISBN 978-5-7944-4042-3.-Библиогр. в конце ст. <https://elis.psu.ru/node/643458>

### Дополнительная:

1. Аликин Э. А. Поиски и разведка подземных вод:учебно-методическое пособие/Э. А. Аликин.- Пермь:ПГНИУ,2019-Библиогр.: с. 45 <https://elis.psu.ru/node/604488>
2. Хабибуллаев И. Х. Численное моделирование фильтрации подземных вод орошаемых массивов и пакеты прикладных программ/И. Х. Хабибуллаев.-Ташкент:Фан,1991.-40.



## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека eLIBRARY

<https://psu.bibliotech.ru/Account/LogOn/> Цифровая библиотека «Библиотех»

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Гидродинамическое моделирование и интерпретация опытно-фильтрационных работ** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета;
- интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта).

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- офисный пакет приложений (LibreOffice);
- специализированные компьютерные программы для решения различных задач геофильтрации (Visual Modlow Premium, Ansdimat).

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

Для проведения лекционных занятий по дисциплине необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения лабораторных занятий по дисциплине требуется лаборатория общей гидрогеологии. Состав оборудования и программного обеспечения определены паспортом лаборатории.

Для самостоятельной работы необходимы помещения Научной библиотеки ПГНИУ, обеспечивающие доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и информационным технологиям.

Для проведения мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, меловой или маркерной доской.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с

доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине**

**Гидродинамическое моделирование и интерпретация опытно-фильтрационных работ**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.**

**Индикаторы и критерии их оценивания**

**ОПК.4**

**Способен работать с программным обеспечением общего, специального назначения, в том числе моделировать горные и геологические объекты**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.4.2</b> Осуществляет на основе соответствующего программного обеспечения моделирование горных и геологических объектов</p>	<p>Знать основные геологические и гидрологические процессы, влияющие на распределение подземных вод и фильтрационные свойства пород. Уметь осуществлять моделирование горных и геологических объектов с использованием специализированного программного обеспечения.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные геологические и гидрологические процессы, влияющие на распределение подземных вод и фильтрационные свойства пород. Не умеет осуществлять моделирование горных и геологических объектов с использованием специализированного программного обеспечения.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Плохо знает основные геологические и гидрологические процессы, влияющие на распределение подземных вод и фильтрационные свойства пород. Плохо умеет осуществлять моделирование горных и геологических объектов с использованием специализированного программного обеспечения.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Хорошо знает основные геологические и гидрологические процессы, влияющие на распределение подземных вод и фильтрационные свойства пород. Умеет осуществлять моделирование горных и геологических объектов с использованием специализированного программного обеспечения, но допускает ошибки</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Знает основные геологические и гидрологические процессы, влияющие на распределение подземных вод и фильтрационные свойства пород. Умеет осуществлять моделирование горных и геологических объектов с использованием специализированного программного обеспечения.</p>

## ПК.1

**Способен самостоятельно проводить научные эксперименты и исследования в профессиональной области, обобщать и анализировать экспериментальную информацию, делать выводы, формулировать заключения и рекомендации**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.1.2</b> Создает и исследует модели изучаемых объектов на основе использования углубленных теоретических и практических знаний экспериментальных методов исследований в области геологии</p>	<p>Знать методы исследования гидрогеологических объектов и процессов, а также методы моделирования природных систем. Уметь применять теоретические знания в области геологии для создания моделей изучаемых геологических объектов. Уметь проводить анализ и интерпретацию данных, полученных в результате опытно-фильтрационных работ.</p>	<p><b>Неудовлетворител</b> Не знает методы исследования гидрогеологических объектов и процессов, а также методы моделирования природных систем. Не умеет применять теоретические знания в области геологии для создания моделей изучаемых геологических. Не умеет проводить анализ и интерпретацию данных, полученных в результате опытно-фильтрационных работ.</p> <p><b>Удовлетворительн</b> Плохо знает методы исследования гидрогеологических объектов и процессов, а также методы моделирования природных систем. Плохо умеет применять теоретические знания в области геологии для создания моделей изучаемых геологических. Плохо умеет проводить анализ и интерпретацию данных, полученных в результате опытно-фильтрационных работ.</p> <p><b>Хорошо</b> Хорошо знает методы исследования гидрогеологических объектов и процессов, а также методы моделирования природных систем. Умеет применять теоретические знания в области геологии для создания моделей изучаемых геологических, но допускает ошибки. Умеет проводить анализ и интерпретацию данных, полученных в результате опытно-фильтрационных работ с допущением неточностей.</p> <p><b>Отлично</b> Знает методы исследования гидрогеологических объектов и процессов, а также методы моделирования природных систем. Умеет применять теоретические знания в области геологии для создания моделей</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<b>Отлично</b> изучаемых геологических. Умеет проводить анализ и интерпретацию данных, полученных в результате опытно- фильтрационных работ.

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p><b>ПК.1.2</b> Создает и исследует модели изучаемых объектов на основе использования углубленных теоретических и практических знаний экспериментальных методов исследований в области геологии</p> <p><b>ОПК.4.2</b> Осуществляет на основе соответствующего программного обеспечения моделирование горных и геологических объектов</p>	<p>Анализ пьезометрической поверхности подземных вод. ПО Surfer</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Назначение пакета ПО Surfer. Построение цифровой модели поверхности; Вспомогательные операции с цифровыми моделями поверхности; Визуализация поверхности.</p>
<p><b>ПК.1.2</b> Создает и исследует модели изучаемых объектов на основе использования углубленных теоретических и практических знаний экспериментальных методов исследований в области геологии</p> <p><b>ОПК.4.2</b> Осуществляет на основе соответствующего программного обеспечения моделирование горных и геологических объектов</p>	<p>Моделирование потока подземных вод. Практическая работа "аэропорт"</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Подготовка исходных данных для ПО Surfer, необходимых для построения пьезометрической поверхности подземных вод. Вычисление grid-файла. Построение карты направления подземных вод. Определение градиента потока в % и долях единицы. Определение расчетной и действительной скорости фильтрации подземных вод. Сопоставление карты рельефа и карты гидроизопьез с оценкой возможного самоизлива скважин.</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<p><b>ПК.1.2</b> Создает и исследует модели изучаемых объектов на основе использования углубленных теоретических и практических знаний экспериментальных методов исследований в области геологии</p> <p><b>ОПК.4.2</b> Осуществляет на основе соответствующего программного обеспечения моделирование горных и геологических объектов</p>	<p>Моделирование откачки из скважины</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Основное меню ПО Visual Modflow. Ввод исходных данных для моделирования. Создание модели потока подземных вод. Запуск вычисления. Построение карты модельной поверхности подземных вод (карты напоров).</p>

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **Анализ пьезометрической поверхности подземных вод. ПО Surfer**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Обучающийся имеет представление о возможностях пакета ПО Surfer. Владеет принципами построение цифровой модели поверхности с использованием различных методов интерполяции данных. Выполняет вспомогательные операции с цифровыми моделями поверхности и визуализации поверхности.	30
Обучающийся имеет представление о возможностях пакета ПО Surfer. Владеет основными принципами построение цифровой модели поверхности, но не владеет вспомогательными операции с цифровыми моделями поверхности и визуализацией поверхности.	23
Обучающийся имеет представление о возможностях пакета ПО Surfer. Владеет принципами построение цифровой модели поверхности с использованием различных методов интерполяции данных. Выполняет вспомогательные операции с цифровыми моделями поверхности. Не владеет инструментами визуализацией поверхности.	17
Обучающийся имеет представление о возможностях пакета ПО Surfer. Владеет принципами построение цифровой модели поверхности с использованием различных методов интерполяции данных, но не владеет вспомогательными операции с цифровыми моделями поверхности и визуализацией поверхности.	13

#### **Моделирование потока подземных вод. Практическая работа "аэропорт"**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Обучающийся владеет инструментами подготовки исходных данных для ПО Surfer, необходимых для построения пьезометрической поверхности подземных вод с построением grid-файла, а также инструментами построение карты направления движения подземных вод и определение градиента потока в % и долях единицы. Определяет с помощью инструментов Surfer расчетную и действительную скорости фильтрации подземных вод. Умеет сопоставлять средствами Surfer карты рельефа и карты гидроизопъез с оценкой возможного самоизлива скважин.	30
Обучающийся владеет инструментами подготовки исходных данных для ПО Surfer, необходимых для построения пьезометрической поверхности подземных вод с построением grid-файла, а также инструментами построение карты направления движения подземных вод и определение градиента потока в % и долях единицы. Определяет с помощью инструментов Surfer расчетную и действительную скорости фильтрации подземных вод.	23
Обучающийся владеет инструментами подготовки исходных данных для ПО Surfer, необходимых для построения пьезометрической поверхности подземных вод с построением grid-файла. Владеет инструментами построение карты направления движения подземных вод и определение градиента потока в % и долях единицы. Не знает инструментов Surfer, с помощью которых возможна оценка расчетной и действительной скорости фильтрации подземных вод.	17
Обучающийся владеет инструментами подготовки исходных данных для ПО Surfer, необходимых для построения пьезометрической поверхности подземных вод с построением grid-файла. Не владеет инструментами построение карты направления движения подземных вод и определение градиента потока в % и долях единицы. Не знает инструментов Surfer, с помощью которых возможна оценка расчетной и действительной скорости фильтрации подземных вод.	13

### **Моделирование откачки из скважины**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Обучающийся знает основное меню ПО Visual Modflow. Владеет инструментами ввода исходных данных для моделирования. Корректно выполняет геофильтрационную схематизацию модели и задание граничных условий. Владеет инструментами построения карты модельной поверхности подземных вод (карты напоров) и карт параметров.	40
Обучающийся знает основное меню ПО Visual Modflow. Владеет инструментами ввода	32



исходных данных для моделирования. Корректно выполняет геофильтрационную схематизацию модели и задание граничных условий.	
Обучающийся знает основное меню ПО Visual Modflow. Владеет инструментами ввода исходных данных для моделирования. Корректно выполняет геофильтрационную схематизацию модели, но допускает ошибки при назначении граничных условий.	25
Обучающийся знает основное меню ПО Visual Modflow. Владеет инструментами ввода исходных данных для моделирования. При создании модели потока подземных вод допускает ошибки при геофильтрационной схематизации модели и назначении граничных условий.	17

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

**Конвертация баллов в отметки**

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<p><b>ПК.1.2</b> Создает и исследует модели изучаемых объектов на основе использования углубленных теоретических и практических знаний экспериментальных методов исследований в области геологии</p> <p><b>ОПК.4.2</b> Осуществляет на основе соответствующего программного обеспечения моделирование горных и геологических объектов</p>	<p>Моделирование нестационарной фильтрации</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Основы теории притока воды к скважинам. Элементы искусственного фильтрационного потока. Режимы водопритока. Уравнение Дюпюи, Тейса, Тейса-Джейкоба. Формирование модели откачки и ввод исходных данных. Выполнение моделирование. Построение кривой депрессии подземных вод.</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<p><b>ПК.1.2</b> Создает и исследует модели изучаемых объектов на основе использования углубленных теоретических и практических знаний экспериментальных методов исследований в области геологии</p> <p><b>ОПК.4.2</b> Осуществляет на основе соответствующего программного обеспечения моделирование горных и геологических объектов</p>	<p>Откачка из напорного водоносного горизонта</p> <p><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Оценка расхода потока подземных вод в области моделирования. Оценка расчетной и действительной скорости фильтрации подземных вод на участках за пределами влияния откачки и в зоне влияния работы водозаборной скважины.</p> <p>Владение инструментами экспорта модельной карты гидроизогипс в ПО Surfer. Выполняет операции с модельным grid-файлом в ПО Surfer.</p>
<p><b>ПК.1.2</b> Создает и исследует модели изучаемых объектов на основе использования углубленных теоретических и практических знаний экспериментальных методов исследований в области геологии</p> <p><b>ОПК.4.2</b> Осуществляет на основе соответствующего программного обеспечения моделирование горных и геологических объектов</p>	<p>Методы прямой линии</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Графоаналитические методы построены на преобразовании исходных зависимостей к прямолинейному виду. Уравнение Тейса-Джейкоба. Ввод исходных данных результатов полевых опытно-фильтрационных работ (кустовых откачек) в ПО Ansdimat. Построение графиков временного, площадного и комбинированного прослеживания. Определение значений фильтрационно-емкостных параметров подземных вод (водопроницаемости и пьезопроницаемости) на основе графиков.</p>

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Моделирование нестационарной фильтрации

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
<p>Обучающийся владеет основами теории притока воды к скважинам. Выделяет элементы искусственного фильтрационного потока и различает режимы водопритока. Корректно осуществляет формирование модели откачки и ввод исходных данных. Владеет инструментами вывода модельных данных и построения кривой депрессии подземных вод. Выполняет анализ полученных при моделировании данных.</p>	30

Обучающийся владеет основами теории притока воды к скважинам. Выделяет элементы искусственного фильтрационного потока и различает режимы водопритока. Корректно осуществляет формирование модели откачки и ввод исходных данных. Владеет инструментами вывода модельных данных и построения кривой депрессии подземных вод.	23
Обучающийся владеет основами теории притока воды к скважинам. Выделяет элементы искусственного фильтрационного потока и различает режимы водопритока. При формировании модели откачки и вводе исходных данных допускает незначительные ошибки.	17
Обучающийся владеет основами теории притока воды к скважинам. Выделяет элементы искусственного фильтрационного потока и различает режимы водопритока. При формировании модели откачки и вводе исходных данных допускает грубые ошибки.	13

### Откачка из напорного водоносного горизонта

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
Обучающийся выполняет оценку расхода потока подземных вод в области моделирования. Умеет выполнять оценку расчетной и действительной скорости фильтрации подземных вод на участках за пределами влияния откачки и в зоне влияния работы водозаборной скважины. Владеет инструментами экспорта модельной карты гидроизогипс в ПО Surfer. Выполняет операции с модельным grid-файлом в ПО Surfer.	30
Обучающийся выполняет оценку расхода потока подземных вод в области моделирования. Умеет выполнять оценку расчетной и действительной скорости фильтрации подземных вод на участках за пределами влияния откачки и в зоне влияния работы водозаборной скважины. Владеет инструментами экспорта модельной карты гидроизогипс в ПО Surfer. Допускает ошибки при выполнении операций с модельным grid-файлом в ПО Surfer.	23
Обучающийся выполняет оценку расхода потока подземных вод в области моделирования. Умеет выполнять оценку расчетной и действительной скорости фильтрации подземных вод на участках за пределами влияния откачки и в зоне влияния работы водозаборной скважины. Не владеет инструментами экспорта модельной карты гидроизогипс в ПО Surfer.	17
Обучающийся выполняет оценку расхода потока подземных вод в области моделирования. Допускает ошибки при определении расчетной и действительной скорости фильтрации подземных вод на участках за пределами влияния откачки и в зоне влияния работы водозаборной скважины. Не владеет инструментами экспорта модельной карты гидроизогипс в ПО Surfer.	13

### Методы прямой линии

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: 17

Показатели оценивания	Баллы
Обучающийся знает графоаналитические методы интерпретации данных опытно-фильтрационных работ (откачек) и уравнение Тейса-Джейкоба. Корректно выполняет ввод исходных данных результатов полевых опытно-фильтрационных работ (кустовых откачек) в ПО Ansdimat. Умеет строить графики временного, площадного и комбинированного прослеживания уровня. Корректно определяет значения фильтрационно-емкостных параметров подземных вод (водопроницаемости и пьезопроводности) на основе построенных графиков.	40
Обучающийся знает графоаналитические методы интерпретации данных опытно-фильтрационных работ (откачек) и уравнение Тейса-Джейкоба. Корректно выполняет ввод исходных данных результатов полевых опытно-фильтрационных работ (кустовых откачек) в ПО Ansdimat. Умеет строить графики временного, площадного и комбинированного прослеживания уровня. Допускает ошибки при определении значений фильтрационно-емкостных параметров подземных вод (водопроницаемости и пьезопроводности) на основе построенных графиков.	32
Обучающийся знает графоаналитические методы интерпретации данных опытно-фильтрационных работ (откачек) и уравнение Тейса-Джейкоба. Корректно выполняет ввод исходных данных результатов полевых опытно-фильтрационных работ (кустовых откачек) в ПО Ansdimat. Допускает ошибки при построении графиков временного, площадного и комбинированного прослеживания уровня.	25
Обучающийся знает графоаналитические методы интерпретации данных опытно-фильтрационных работ (откачек) и уравнение Тейса-Джейкоба. При вводе исходных данных результатов полевых опытно-фильтрационных работ (кустовых откачек) в ПО Ansdimat. допускает ошибки.	17