

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
к. г.-м. н. доцент Дименов М.В.
"4" _____ 2019 г.



Рабочая программа дисциплины

«Моделирование гидрогеологических и инженерно-геологических процессов»

Специальность

21.05.02 - Прикладная геология

Специализация

«Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания»

Год начала подготовки по учебному плану 2018

Квалификация

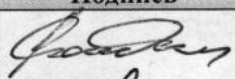
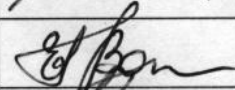
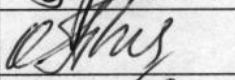
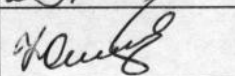
Горный инженер-геолог

Форма обучения

Очная

Саратов,

2019

| Статус | ФИО | Подпись | Дата |
|--------------------------------|-----------------|--|-----------|
| Преподаватель-разработчик | Солдаткин С.И. |  | 21.05.19 |
| Председатель НМК | Волкова Е.Н. |  | 21.05.19 |
| Заведующий кафедрой | Гончаренко О.П. |  | 21.05.19 |
| Специалист Учебного управления | Юшинова И.В. |  | 21.05.19. |

1. Цели освоения дисциплины

Цель преподавания дисциплины – изучение основ геологического, гидродинамического и инженерно-геологического моделирования для решения практических задач, на основе системного обобщения знаний, полученных при изучении общего курса по математике и геологического циклов.

Задача преподавания дисциплины состоит в формировании навыков комплексного анализа при изучении гидрогеологических и инженерно-геологических процессов и явлений, применительно к инженерной деятельности человека, методам оценки и прогноза состояния окружающей среды для обеспечения устойчивости её существования с использованием современных численных моделей.

2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета

Дисциплина «Моделирование гидрогеологических и инженерно-геологических процессов» представляет собой дисциплину вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ООП. Читается в 9 семестре. Дисциплина «Моделирование гидрогеологических и инженерно-геологических процессов» базируется на курсах дисциплин – Математика, Физика, Геофизика, Общая геология, Минералогия с основами кристаллографии и петрографии, Гидрогеология, Инженерная геология, Методика поисков и разведки подземных вод, Методика инженерно-геологических изысканий. Студенты, обучающиеся по данному курсу, будут использовать полученные знания при выполнении научных исследований и написании выпускной квалификационной работы.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Моделирование гидрогеологических и инженерно-геологических процессов».

Процесс изучения учебной дисциплины «Моделирование гидрогеологических и инженерно-геологических процессов» направлен на формирование элементов следующих компетенций:

а) **профессионально-специализированные компетенции (ПСК):**

- способностью моделировать экзогенные геологические и гидрогеологические процессы (ПСК-2.3);
- способностью прогнозировать гидрогеологические и инженерно-геологические процессы и оценивать точность и достоверность прогнозов (ПСК-2.7);
- способностью оценивать точность и достоверность выполненных гидродинамических и инженерно-геологических прогнозов (ПСК-2.8).

В результате освоения дисциплины «Моделирование гидрогеологических и инженерно-геологических процессов» обучающийся должен:

Знать: Основные понятия и термины численного моделирования, условия применимости их методов при решении гидрогеологических и инженерно-геологических задач, общие принципы построения задач моделирования и получения основных расчетных зависимостей.

Уметь: формулировать задачи математической обработки информации, выбрать алгоритм их решения и делать геологические выводы, использовать методику численного моделирования и способы графического изображения результатов моделирования, представлять реальные гидрогеологические и инженерно-геологические условия в виде расчетных схем.

Владеть: навыками составления расчетных схем, методами расчета гидрогеологических моделей, методами схематизации гидрогеологических условий, методами работы с программами гидродинамического и инженерно-геологического моделирования, навыками оценки достоверности и качества результатов моделирования.

4. Структура и содержание дисциплины «Моделирование гидрогеологических и инженерно-геологических процессов»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

4.1. Структура преподавания учебной дисциплины

| № п/п | Раздел дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Формы текущего контроля (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|--|----------|-----------------|--|---------------------|----------|------------------------|---|
| | | | | Лекции | Лабораторная работа | КСР | Самостоятельная работа | |
| 1. | Введение. Предмет, цели и задачи дисциплины | 9 | 1 | 1 | | | - | Устный опрос |
| 2. | Раздел 1. Аналитические расчеты в гидрогеологии и инженерной геологии | 9 | 2 | 1 | 4 | | 5 | Лабораторная работа № 1 |
| 3. | Раздел 2. Геологическое и гидродинамическое моделирование 2.1. Основные понятия, классификации и задачи моделирования. | 9 | 3-4 | 2 | | 4 | 10 | <i>Контрольная работа № 1</i> |
| 4. | 2.2. Основные положения теории подобия и аналогий применительно к задачам гидрогеологии | 9 | 5 | 1 | | | 8 | |
| 5. | 2.3 Схематизация гидрогеологических условий | 9 | 6 | 1 | 8 | | 5 | Лабораторная работа № 1 |
| 6. | 2.4. Назначение и содержание обратных задач | 9 | 7 | 1 | | | 10 | |
| 7. | 2.5. Решение обратных задач | 9 | 8 | 1 | 4 | | 5 | Лабораторная работа № 2 |
| 8. | 2.6. Обоснование достоверности и точности модели и результатов моделирования | 9 | 9 | 1 | | 4 | 20 | <i>Контрольная работа № 2</i> |
| 9. | 2.7 Схематизация процессов массопереноса в подземных водах | 9 | 10 | 1 | 4 | | 5 | Лабораторная работа № 3 |
| 10. | Раздел 3. Инженерно-геологическое и геотехническое моделирование. | 9 | 11-12 | 2 | 8 | | 10 | Лабораторная работа № 1 |
| 11 | Промежуточная аттестация 18ч. | 9 | | | | | | Зачет с оценкой, контрольная работа |
| | Итого в 9 семестре 144ч. | | | 12 | 28 | 8 | 78 | |

4.2. Содержание учебной дисциплины

Введение. Предмет, цели и задачи дисциплины. Роль математических методов и компьютерных технологий в геологии. Основные научные школы и центры

гидрогеологического и инженерно-геологического моделирования в России и мире.

Раздел 1. Аналитические расчеты в гидрогеологии и инженерной геологии. Задачи, решаемые в гидрогеологии и инженерной геологии. Условия применимости аналитических методов. Основные области применения. Основные расчетные зависимости.

Раздел 2. Геологическое и гидродинамическое моделирование.

Тема 2.1. Основные понятия, классификации и задачи моделирования. Современное состояние и развитие моделирования. Основные этапы развития моделирования. Роль моделирования в познании геологических и гидрогеологических объектов. Локальные и региональные модели. Моделирование. Объект. Модель. Основы теории численного геологического и гидродинамического моделирования. Основные типы геологических гидрогеологических задач, решаемых моделированием.

Тема 2.2. Основные положения теории подобия и аналогий применительно к задачам гидрогеологии. Основные виды подобия и аналогий. Подобные и аналогичные процессы. Константы подобия или аналогий. Основные теоремы теории подобия применительно к гидрогеологическим процессам. Основные критерии подобия гидрогеологических процессов. Принципы натурного моделирования. Условия моделирования.

Постановка задач численного моделирования геофильтрации: прогнозное моделирование; эпигнозное моделирование; оптимизационное моделирование; разведочное моделирование. Последовательность решения геофильтрационных задач. Конечно-разностная форма дифференциального уравнения фильтрации. Исходные представления о схемах численного моделирования геофильтрации на ЭВМ.

Тема 2.3 Схематизация гидрогеологических условий и некоторые особенности построения моделей

Задачи типизации и схематизации гидрогеологических условий. Требования к схематизации, и ее последовательность. Принципы схематизации гидрогеологических условий. упрощение структуры и формы потока; схематизация основных источников формирования водного баланса пласта; схематизация границ и граничных условий; схематизация начальных условий; схематизация фильтрационной неоднородности и строения пласта в целом. Метод фрагментирования.

Тема 2.4. Назначение и содержание обратных задач. Обратные задачи, как задачи идентификации. Основные понятия теории идентификации применительно к решению обратных задач. Гидрогеологические основы задач идентификации и принципы их решения. Постановка обратных задач и методы их решения. Исследование структуры критериев и принципиальная схема оптимального решения обратной задачи. Критерии согласования при плоскопараллельной фильтрации. Критерии и главные параметры управления подбором при плановой и радиальной фильтрации. Принципиальная схема оптимального решения обратных задач.

Тема 2.5. Решение обратных задач с использованием наблюдений за нарушенным и естественным режимами подземных вод. Определение гидрогеологических параметров с использованием численных методов и наблюдений за режимом подземных вод.

Тема 2.6. Обоснование достоверности и точности модели и результатов моделирования. Понятие о достоверности и точности результатов моделирования. Виды погрешностей, их возникновение и оценка. Выбор и краткая характеристика методов обоснования достоверности модели. Оценка точности и условной достоверности решений обратных и прогнозных задач.

Тема 2.7 Схематизация процессов массопереноса в подземных водах. Необходимость упрощения математической схемы миграции. Пути упрощения модели миграции: ранжирование по степени значимости того или иного процесса; понижение мерности модели; использование асимптотических приближений. Этапы миграционной схематизации: 1) фильтрационная схематизация условий миграции; 2) схематизация

процесса массопереноса (собственно миграционная схематизация). Задачи, стоящие перед геофильтрационной схематизацией. Основные аспекты миграционной схематизации.

Раздел 3. Инженерно-геологическое и геотехническое моделирование. Основные понятия, классификации и задачи моделирования. Основы теории численного инженерно-геологического и геотехнического моделирования. Основные типы инженерно-геологических и геотехнических задач, решаемых моделированием.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины.

При реализации программы дисциплины «Моделирование гидрогеологических и инженерно-геологических процессов» используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий занятия проводятся в виде лекций с использованием ПК и мультимедийного оборудования. Закрепление теоретического материала осуществляется при проведении лабораторных занятий и выполнения контрольных работ с использованием компьютерных технологий, выполнения проблемно-ориентированных и творческих заданий. Самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Internet-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы, а также консультации и помощь преподавателя в написании рефератов и при выполнении практических и самостоятельных работ.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов используются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуализации обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения.

Для обеспечения дифференцированного подхода обеспечивается многоуровневая подача материала в соответствии с индивидуальными особенностями, предоставление учащимся права выбора целей, средств, форм работы, организация работы учащихся в малых группах, самостоятельная работа в собственном диапазоне возможностей, оценка достижения учащихся в соответствии с их возможностями.

Адаптивные технологии при обучении студентов-инвалидов реализуются с учетом особенностей этапов обучения:

адаптации и овладения основами обучения,

- интеграции в коллектив, накопления опыта социально-адаптированного поведения и учебной деятельности;
- введения в профессионально-практическую деятельность и накопления практико-ориентированного опыта;
- овладения основами профессиональной деятельности;
- результативный этап.

Каждый этап предусматривает свою специфику сопровождения. В зависимости от этапа обучения и принадлежности студента к учебной группе используется сопровождение тьюторов.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Результаты изучения дисциплины студентами контролируются разными способами. Предусматриваются следующие виды контроля: текущий и промежуточный.

Текущий контроль осуществляется на лекционных и лабораторных занятиях, а также по результатам выполнений реферативных и индивидуальных заданий в аудиторное и внеаудиторное время.

В начале каждого лабораторного занятия проводится 10 минутный опрос для оценки степени готовности студентов к лабораторной работе по теме занятия.

На лабораторных занятиях и в процессе самостоятельной работы во внеаудиторное время студенты выполняют индивидуальные задания с элементами исследований по всем основным блокам дисциплины. Затем они сдают контрольные работы.

По теоретическому разделу курса студенты получают индивидуальные задания по аналитическому обзору проблемных вопросов науки. Работа выполняется самостоятельно во внеучебное время с использованием научной и учебной литературы.

Промежуточный контроль проводится в виде *зачета с оценкой*. Цель контроля - проверка знаний студента всей дисциплины, выяснение понимания взаимосвязей различных её разделов друг с другом и связей с иными естественнонаучными, общепрофессиональными и специальными дисциплинами.

Основные темы лабораторных занятий:

9 семестр

Тема 1 - Аналитические расчеты в гидрогеологии и инженерной геологии с использованием реальных объектов:

Лабораторная работа № 1.

Вариант №1- Расчет инженерно-геологического объекта

Вариант №2- Расчет гидрогеологического объекта

Тема 2 - Схематизация условий и создание гидродинамической модели учебного объекта.

Лабораторная работа № 1. Составление расчетной схемы учебного объекта

Лабораторная работа № 2. Решение обратной задачи на модели учебного объекта.

Лабораторная работа №3. Прогноз процессов массопереноса в подземных водах на модели учебного объекта.

Тема 3- Инженерно-геологическое моделирование.

Лабораторная работа № 1.

Вариант №1- Моделирование устойчивости склона.

Вариант №2- Моделирование процесса промерзания-протаивания.

Контрольные вопросы и задания для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Основные понятия. Моделирование. Модель. Процесс.
2. Понятие о системе и пространстве.
3. Виды моделирования (на примерах).
4. Понятие о прямой и обратной задачах в моделировании (на примерах).
5. Принципы математического моделирования.
6. Принципы физического моделирования.
7. Принципы применения математического моделирования для решения обратной задачи.
8. Водопроницаемость. Определение коэффициента фильтрации.
9. Водопроницаемость. Коллекторские свойства пласта. Определение коэффициента водопроницаемости.
10. Уровнепроводность. Емкостные свойства пласта. Определение коэффициента уровнепроводности.
11. Пьезопроводность. Емкостные свойства пласта. Определение коэффициента пьезопроводности.
12. Водоотдача. Определение. Коэффициенты водоотдачи.
13. Определение водоносного горизонта (при схематизации условий).
14. Определение водоносного комплекса (при схематизации условий).
15. Определение водоупорного горизонта (при схематизации условий).
16. Определение относительно водоупорного горизонта (при схематизации условий).
17. Понятие о схематизации гидрогеологических условий.

18. Понятие о видах фильтрации воды (плановая, радиальная). Основные расчетные зависимости.
19. Понятие о типах фильтрации воды (напорная, безнапорная). Основные расчетные зависимости.
20. Принципы схематизации по степени изменчивости фильтрационных параметров. Основные расчетные зависимости.
21. Принципы схематизации по степени изменчивости геометрии пласта.
22. Принципы схематизации при наличии или отсутствии граничных условий. Совершенство границ и скважин.
23. Виды граничных условий. Граница с постоянным напором (на примерах).
24. Виды граничных условий. Граница с постоянным расходом (на примерах)
25. Понятие о зонах санитарной охраны водозаборов.
26. Принципы моделирования зон санитарной охраны.
27. Понятие о защищенности подземных вод.
28. Принципы моделирования работы водозаборных скважин.
29. Понятие о допустимом понижении.
30. Понятие о радиусе влияния и области питания скважины.
31. Оценка достоверности и точности модели при решении обратной задачи.
32. Понятие о стационарной и нестационарной фильтрации.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

| семестр | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------|------------|
| | Лекции | Лабораторные занятия | Практические занятия | Самостоятельная работа | Автоматизированное тестирование | Другие виды учебной деятельности | Промежуточная аттестация | Итого |
| 9 | 10 | 30 | 0 | 20 | 0 | 0 | 40 | 100 |

Программа оценивания учебной деятельности студента

9 семестр

Лекции

Посещаемость, опрос, активность и др. за 9 семестр – от 0 до 10 баллов.

Лабораторные занятия

Контроль выполнения лабораторных заданий в течение 9 семестра - от 0 до 30 баллов.

Лабораторная работа № 1.1 (от 0 до 6 баллов)

Лабораторная работа № 2.1 (от 0 до 6 баллов)

Лабораторная работа № 2.2 (от 0 до 6 баллов)

Лабораторная работа № 2.3 (от 0 до 6 баллов)

Лабораторная работа № 3.1 (от 0 до 6 баллов)

Практические занятия

Не предусмотрены.

Самостоятельная работа

Контроль выполнения самостоятельной работы в течение 9 семестра - от 0 до 20 баллов.

1. Контрольная работа № 1 к разделу 2. Геологическое и гидродинамическое моделирование (от 0 до 10 баллов)

2. Контрольная работа № 1 к теме 2.6. Обоснование достоверности и точности модели и результатов моделирования (от 0 до 10 баллов)

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности

Не предусмотрены.

Промежуточная аттестация

Ответ студента на *дифференцированном зачете* может быть оценен от 0 до 40 баллов

При проведении промежуточной аттестации:

- от 0 до 20 баллов – «неудовлетворительно» / «не зачтено»;
- от 21 до 29 баллов – «удовлетворительно» / «зачтено»;
- от 30 до 34 баллов – «хорошо» / «зачтено»;
- от 35 до 40 баллов – «отлично» / «зачтено».

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 9 семестр по дисциплине «Моделирование гидрогеологических и инженерно-геологических процессов» составляет **100** баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Моделирование гидрогеологических и инженерно-геологических процессов» в оценку (дифференцированный зачет):

| | |
|---------------|---------------------------------------|
| 90-100 баллов | «отлично» / «зачтено» |
| 80-89 баллов | «хорошо» / «зачтено» |
| 55-79 баллов | «удовлетворительно» / «зачтено» |
| 0-54 балла | «не удовлетворительно» / «не зачтено» |

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Гавич И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии М.: Недра, 1980
2. Калинин Э.В. Инженерно-геологические расчеты и моделирование [Электронный ресурс]: Учебник / Э. В. Калинин. - Инженерно-геологические расчеты и моделирование, 2020-09-18.- Москва: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2006.-256с. ЭБС IPR BOOKS.
3. Назаренко В.С. Математические методы в гидрогеологии [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / В.С. Назаренко. - Ростов-на-Дону : Издательство Южного федерального университета (ЮФУ), 2010. - 126 с. ЭБС IPR BOOKS

б) дополнительная литература:

1. Ломакин Е.А., Мироненко В.А., Шестаков В.М. Численное моделирование геофильтрации м.: Недра, 1988
2. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] : учеб. пособие / В. Е. Гмурман. - 12-е изд., перераб. - М. : Юрайт : ИД Юрайт, 2010
3. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике [Текст] : учеб. пособие / В. Е. Гмурман. - 11-е изд., перераб. - М. : Юрайт : ИД Юрайт, 2010
4. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст] : учеб. пособие / В. П. Яковлев. - 2-е изд. - М. : Дашков и К°, 2009
5. Методическое пособие по гидрогеологическому картированию Саратовского гидрогеологического полигона / С.И.Солдаткин, А.Е.Хохлов, М.В.Савина; ООО Издательский центр «Наука», Саратов, 2008
6. Инженерная геодинамика [Текст] : учебник / Г. К. Бондарик, В. В. Пендин, Л. А. Ярг. - 2-е изд. - М. : Кн. дом "Университет", 2009

в) лицензионное программное обеспечение:

- ОС MS Windows XP SP2 или ОС MS Windows 7 Pro
- MS Office 2003 или MS Office 2007 Pro
- Антивирус Касперского для Windows workstations
- CorelDRAW Graphics Suite X3
- Программа «ModTECH» - для создания геофильтрационных и геомиграционных моделей .

г) профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

- <http://www.google.com/earth/index.html> Google Планета Земля
- <http://geo.web.ru> – общеобразовательный геологический сайт
- <http://www.sgu.ru/node/11448/> - страница дисциплины на геологическом факультете СГУ, с большим количеством электронных учебников и публикаций
- <http://vsegei.ru> - сайт Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского
- <http://wiki.web.ru/> - сайт – энциклопедический словарь
- elibrary.ru (Научная электронная библиотека).

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для материально-технического обеспечения дисциплины «Моделирование гидрогеологических и инженерно-геологических процессов» используются: гидрогеологическое и инженерно-геологическое оборудование лаборатории кафедры Петрологии и прикладной геологии, мультимедийный комплекс, интерактивная доска, специализированный класс компьютерного моделирования с программным обеспечением (ModTech).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 21.05.02 – «Прикладная геология» по специализации «Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания».

Автор:

канд. геол-минерал. наук, доцент _____ С.И. Солдаткин

Программа разработана в 2018 году (одобрена на заседании кафедры петрологии и прикладной геологии, протокол № 18 от 14 мая 2018 года)

Программа актуализирована в 2019 году (одобрена на заседании кафедры петрологии и прикладной геологии протокол № 18 от 21 мая 2019 года)