

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ

**Декан Геологического факультета
академик**

_____/Д.Ю.Пушаровский/
«__» _____ 20 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Контаминантная гидрогеодинамика

Автор-составитель: Поздняков С.П.

Уровень высшего образования:

Магистратура

Направление подготовки:

05.04.01 Геология

Направленность (профиль) ОПОП:

Экологическая геология

Магистерская программа:

Экологическая геология

Форма обучения:

Очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методическим Советом Геологического факультета
(протокол № _____, _____)

Москва 20__

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

Год приема на обучение – 2019.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова
Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

Цель и задачи дисциплины

Цель курса - формирование у студентов устойчивого комплекса знаний о проблемах переноса загрязнения в потоке подземных вод, методах оценки геомиграционных параметров и методике моделирования миграции загрязнения в подземных водах.

Задачи:

- получить знания и представления о миграции загрязнения в подземных водах;
- приобрести навыки анализа процессов, определяющих миграцию загрязнения;
- освоить методику моделирования конвективно-дисперсионного переноса сорбируемых загрязнителей в подземных водах;

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО – вариативная часть, профессиональный цикл, курс – I, семестр – 1.

2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:

«Высшая математика», «Физика», «Общая химия», «Химия физическая, коллоидная», «Уравнения математической физики», «Общая геология», «Гидрогеология», «Гидрогеодинамика» «Гидрогеохимия». Дисциплина необходима для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

ОПК-4.М Способность применять на практике знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин, определяющих профиль подготовки

ОПК-5.М Способность использовать современные вычислительные методы и компьютерные технологии для решения задач профессиональной деятельности

ПК-4.М Способность создавать и исследовать модели изучаемых объектов на основе использования теоретических и практических знаний в области геологии

ПК-9.М Способность использовать современные методы обработки и интерпретации комплексной информации для решения производственных задач

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

Знать: модели процессов конвективно-дисперсионного переноса загрязнения в подземных водах

Уметь: применять методы обработки лабораторных и полевых данных для оценки миграционных параметров и проводить аналитические расчеты конвективного переноса загрязнения в подземных водах

Владеть: методами и навыками моделирования конвективно-дисперсионного переноса сорбируемых загрязнителей в подземных водах для прогнозов загрязнения и реабилитации подземных вод

4. Формат обучения – практические занятия и самостоятельная работа

5. Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, **144** академических часа, в том числе, **56** часов – занятия практического типа, **88** часов на самостоятельную работу обучающихся.

Форма промежуточной аттестации – экзамен

6. Краткое содержание дисциплины

Контаминантная гидрогеодинамика - это составляющая часть гидрогеодинамики, изучающая перенос сорбируемых загрязнителей в подземных водах. Теоретическая основа курса - модель конвективно-дисперсионного переноса загрязнителей в подземных водах. Это позволяет в рамках единого подхода рассматривать проблемы геофильтрационной и геомиграционной схематизации, а также использовать систему моделей геофильтрации и конвективно-дисперсионного переноса для прогноза миграции загрязнения в подземных водах при решении практических задач их охраны и реабилитации. Особенностью данного курса является его практическая направленность. В связи с этим курс состоит из системы практических занятий, на каждом из которых решаются типовые проблемы, возникающие

при анализе и прогнозе миграции загрязнения в подземных водах. Важная составляющая курса – самостоятельная работа обучаемых, так как предполагается, что к каждому занятию студенты должны освоить теоретические материалы, опубликованные в учебниках по гидрогеодинамике и в обучающих презентационных материалах. Каждое практическое занятие заканчивается коллективным обсуждением результатов, полученных в ходе его выполнения.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы			
		Занятия лекционного типа	Занятия практического типа	Всего	
Раздел 1. Модель сорбционного равновесия вода-порода	4			4	Изучение изотерм сорбции Генри, Легмюра и Френдлиха. Подготовка отчета по обработке лабораторного сорбционного эксперимента, 6 часов
Раздел 2. Расчеты конвективного переноса мигрантов в фильтрационном потоке с учетом сорбционных процессов.	12			12	Изучение модели конвективного переноса с учетом сорбции и аналитического расчета по ней времени движения загрязнения для простейших схем. Подготовка отчета по аналитическим расчетам зон санитарной охраны водозабора, 10 часов
Раздел 3 Полевые методы определения миграционных параметров	12			12	Изучение моделей дисперсии загрязнения в фильтрационном потоке. Подготовка отчета по обработке трассерных

					экспериментов, 10 часа
Раздел 4. Моделирование миграции загрязнения в подземных водах	28			28	Освоение методики моделирования геофильтрации миграции загрязнения с помощью программного комплекса Processing Modflow. Написание отчета по разработанной модели. 52 часа
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	10				10
Итого	144		56		88

Содержание разделов дисциплины, изучаемых самостоятельно:

1. Модель сорбционного равновесия вода-порода

Законы сорбционного обмена в системе вода-порода. Теоретические модели изотерм сорбции Генри, Легмюра и Фрейндлиха. Понятие кинетики сорбции. Деструкция мигрантов. Модель кинетики распада первого порядка

2. Расчеты конвективного переноса мигрантов в фильтрационном потоке с учетом сорбционных процессов.

Конвективный перенос сорбируемого мигранта в одномерном потоке. Выражение для скорости переноса. Эффективная пористость и retardation factor. Аналитические расчеты времени движения загрязнения по линиям тока. Расчет зоны захвата одиночной скважиной в потоке подземных вод

3. Полевые методы определения миграционных параметров

Молекулярная диффузия. Модель микродисперсии. Модели макродисперсии в упорядоченных и неупорядоченных средах. Типы трассерных экспериментов. Оценка активной пористости и дисперсионных параметров по выходным кривым.

4. Моделирование миграции загрязнения в подземных водах

Уравнение конвективно-дисперсионного переноса и его связь с уравнением геофильтрации. Критерий Пекле. Методы численного моделирования геофильтрации и геомиграции. Расчет траекторий движения частиц и линий тока по скоростям фильтрации на сеточных моделях. Программы MODFLOW, RMPATH, MT3Dms.

Содержание практических занятий:

1. Обработка результатов лабораторного эксперимента по определению изотермы сорбции.
2. Аналитические расчеты зоны санитарной охраны водозабора подземных вод.
3. Обработка полевого трассерного эксперимента.
4. Моделирование геофильтрации в районе водозабора подземных вод. Расчет траекторий движения частиц и линий тока по скоростям фильтрации
5. Моделирование миграции загрязнения из шламохранилища. Прогноз с учетом и без учета реабилитационных мероприятий

Рекомендуемые образовательные технологии

В процессе преподавания дисциплины «**Контаминантная гидрогеодинамика**» применяются образовательные технологии в форме практических занятий и самостоятельной работы обучающихся. Учебный материал для самостоятельной проработки и для выполнения практических работ подаётся с использованием современных средств визуализации (презентации, демонстрация применения современных вычислительных программ моделирования геофильтрации и миграции загрязнения Processing Modflow (модули MODFLOW, RMPATH и MT3Dms). Самостоятельная работа студентов заключается в изучении теоретических разделов курса перед выполнением практических работ, выполнении домашних заданий по задачам, оформлении расчётно-графических работ по программе практических занятий и составлении пояснительной записки к ним.

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется посредством опросов на практических занятиях, собеседований по итогам самостоятельной работы.

Для текущего контроля студентов в ходе семестра студентами сдаются в указанный

контрольный срок расчетно-графические работы, а преподавателями проводятся и текущие опросы.

Примерный перечень вопросов для текущего опроса:

1. Что такое изотерма сорбции?
2. Изотерма Генри – выражение, параметры?
3. Изотерма Легмюра – выражение, параметры?
4. Изотерма Генри – выражение, параметры?
5. Изотерма Фрейндлиха – выражение, параметры?
6. Что такое активная пористость?
7. Что такое эффективная пористость?
8. Может ли значение активной пористости превышать единицу? А эффективной?
9. Что такое фактор задержки?
10. Почему скорость движения фронта сорбируемого мигранта ниже скорости движения частиц жидкости?
11. Как записать выражение для скорости движения загрязнения вдоль линии тока?
12. Как рассчитать время движения загрязнения в одномерном линейном потоке
13. Что такое нейтральная линия тока?
14. Для чего нужны зоны санитарной охраны водозаборных скважин?
15. Что такое дисперсия загрязнения в фильтрационном потоке?
16. Отличие дисперсии от диффузии
17. Что такое трассер?
18. В чем состоит сущность трассерных экспериментов и какие параметры по ним определяют?
19. Что означает выражения “конвективно-дисперсионный перенос загрязнения в подземных водах?
20. Что характеризует критерий Пекле?
21. В чем суть конечно-разностной дискретизации уравнений геофильтрации?
22. Каковы этапы разработки модели миграции загрязнения в подземных водах?
23. Назовите типовые граничные условия, используемые при моделировании миграции загрязнения?
24. Какую информацию программы численного моделирования конвективно-дисперсионного переноса получают от программ моделирования геофильтрации (на примере MT3Dms и MODFLOW)?
25. В чем сущность метода расчета траекторий движения частиц в фильтрационном потоке?
26. В чем отличие задания исходных данных для закачивающих и откачивающих скважин при моделировании миграции загрязнения?
27. Что такое реабилитация подземных вод (на примере выполненной практической работы)?

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов при промежуточной очной аттестации:

1. Законы сорбционного обмена в системе вода-порода. Кинетика сорбции
2. Деструкция мигрантов. Модель кинетики распада первого порядка
3. Определение изотермы сорбции в статическом лабораторном опыте
4. Формы и законы массопереноса – конвективный перенос, диффузия, гидродисперсия
5. Скорость движения сорбируемого загрязнителя в потоке подземных вод. Понятие эффективной пористости и фактора задержки.

6. Гидродинамическая сетка – линии равного напора и линии тока. Основные свойства. Связь конвективного переноса загрязнения с гидродинамической сеткой
7. Расчет конвективного переноса по линии тока на примере линейного одномерного потока
8. Расчеты конвективного переноса в плановом фильтрационном потоке в области действия водозаборной скважины в неограниченном пласте
9. Миграция загрязнения в неоднородной среде. Причины рассеивания загрязнения на разных уровнях неоднородности - пора, микромасштаб, масштаб полевой геофильтрационной неоднородности
10. Основные виды трассерных экспериментов
11. Фундаментальное решение одномерного уравнения конвективно-дисперсионного переноса: характерные зоны миграции
12. Обработка трассерных экспериментов (на примере дуплетного опыта)
13. Сущность метода конечных разностей (МКР) и конечно-разностная сетка. Программа MODFLOW
14. Расчет траекторий движения частиц и линий тока по скоростям фильтрации на сеточных моделях. Программа RMPATH
15. Моделирование конвективно-дисперсионного переноса. Программа MT3Dms.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания модели процессов конвективно-дисперсионного переноса загрязнения в подземных водах	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания
Умения применять методы обработки лабораторных и полевых данных для оценки миграционных параметров проводить аналитические расчеты конвективного переноса загрязнения в подземных водах	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы в умении использовать методы моделирования	Успешное умение обрабатывать миграционные эксперименты и использовать аналитические расчеты конвективного переноса для оценки зон санитарной охраны водозаборов
Владения методами и навыками моделирования конвективно-дисперсионного переноса сорбируемых	Навыки владения отсутствуют	Фрагментарное владение методиками и приемами, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки владения методиками и приемами	Успешное владение методиками и приемами, использование их в реальных природных условиях

загрязнителей в подземных водах для прогнозов загрязнения и реабилитации подземных вод				
--	--	--	--	--

8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы

а) основная литература:

1. Шестаков В.М. Гидрогеодинамика: учебник - М.: Изд-во КДУ, 2009. - 334 с.
2. Гидрогеодинамические расчеты на ЭВМ. Учебное пособие (под ред. Штенгелова Р.С.). М.: Изд-во Моск. ун-та, 1994. – 335 с.
3. Лехов А.В. Физико-химическая гидрогеодинамика. М., Изд-во КДУ, 2010. – 500 с.
4. Румынин В.Г. Геомиграционные модели в гидрогеологии. С-П., Изд-во НАУКА, 2011. – 1158

б) дополнительная литература:

- 1 Василевский Ю.В, Капырин И.В. Практикум по современным вычислительным технологиям и основам математического моделирования. М.: МАКС Пресс, 2009.
- 2 Chiang WH and Kinzelbach W, 3D-Groundwater Modeling with PMWIN. First Edition. Springer Berlin Heidelberg New York. 2001, ISBN 3-540 67744-5, 346 pp

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения

Microsoft Office Excel, Microsoft Office PowerPoint, Sgems, Processing Modflow X

Г) Материально-техническое обеспечение: персональные компьютеры, белая доска, мультимедийный проектор, выход в Интернет, электронная подписка МГУ на библиотеки основных высокорейтинговых международных журналов по водным ресурсам и математической геологии

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель: Поздняков С.П., Лехов В.А.

11. Автор программы: Поздняков С.П.