

Федеральное государственное автономное учреждение
высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Проректор

УТВЕРЖДАЮ

Иванов Д.К.

" 14 "



Программа дисциплины

Б1.В.ДВ.2 Гидрогеомеханика

Направление подготовки 05.06.01-Науки о земле

Направленность (профиль) подготовки:

Гидрогеология.

Квалификация выпускника «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Казань 2015

1. Краткая аннотация.

Дисциплина «Гидрогеомеханика» относится к циклу дисциплин по выбору для аспирантов направления подготовки Гидрогеология. Она завершается зачетом. Дисциплина нацелена на приобретение аспирантом знаний об основных процессах, протекающих в подземных водах, уравнениях, описывающих законы физики применительно к подземным процессам, типах дифференциальных уравнений, используемых в динамике подземных флюидов и подземном тепломассопереносе; о методах решения уравнений математической физики; о закономерностях протекания фильтрационных, и тепломассообменных процессах в пористых средах

Цели освоения дисциплины

Изучение современной теории гидрогеомеханики, физические и химические законы, исследования гидрогеомеханических процессов, ознакомление аспирантов с методами, позволяющими прогнозировать поведение экологически важных компонентов в гидросфере

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Гидрогеомеханика» относится к блоку Б1 и изучается на втором курсе аспирантуры.

Изучению дисциплины «Гидрогеохимия» должно предшествовать освоение дисциплин «Гидрогеология», «Гидрогеохимия», «Гидрогеология нефтяных и газовых месторождений» в рамках бакалавриата, «Дополнительные разделы гидрогеологии», «Подземные воды криолитозоны», «Дополнительные разделы грунтоведения и механики грунтов» в рамках магистратуры. В свою очередь освоение данной дисциплины важно для усвоения дисциплин профессионального блока и научно-исследовательской работы аспиранта.

Изучение дисциплины предполагает у обучающихся: представления об основных процессах, протекающих в подземных водах, уравнениях, описывающих законы физики применительно к подземным процессам, типах дифференциальных уравнений, используемых в динамике подземных флюидов и подземном тепломассопереносе; о методах решения уравнений математической физики; о закономерностях протекания фильтрационных, и тепломассообменных процессах в пористых средах.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

Знать:

Основы современной теории гидрогеомеханики, физические и химические законы, управляющие процессами тепломассопереноса с участием природных вод, принципы взаимосвязи природных вод в общем гидрологическом цикле, закономерности формирования режимов фильтрации природных вод в различных частях гидросферы, принципы и методы моделирование гидрогеомеханических процессов

Уметь:

проводить исследования гидрогеомеханических процессов, выполнять генетическую интерпретацию данных по режимам фильтрации природных вод с использованием гидрогеомеханических критериев, оценивать режимы эксплуатации природных вод, используемых для питьевого и хозяйственного водоснабжения

Владеть:

системным подходом при комплексных междисциплинарных исследованиях подземных водных объектов; методами гидрогеомеханических исследований состава и свойств природных вод, оценки их запасов для практического использования

Демонстрировать способность и готовность:
применять полученные знания на практике.

В результате освоения дисциплины формируются компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2	способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки
ОПК-1	способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ПК- 13	способность формулировать проблемы, задачи и методы научного исследования; получать новые достоверные факты на основе наблюдений, опытов, научного анализа эмпирических данных
ПК-15	готовность осуществлять организацию и управление научно-исследовательскими и научно-производственными гидрогеологическими и гидрогеоэкологическими работами с использованием углубленных знаний в области гидрогеологии
ПК-16	способность применять методы анализа гидрогеологических условий на концептуальном, логическом математическом и алгоритмическом уровнях

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часа.

Дисциплина изучается в 4 семестре.

Из них 18 часов лекции, 18 часов практических занятий, 72 часов самостоятельная работа. Форма отчётности – зачет

№	Наименование темы	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
1.	Основы подземной гидравлики.	2	2	6	письменное домашнее задание
2.	Закон фильтрации Дарси. Проницаемость пород.	2	2	10	письменное домашнее задание
3.	Схематизация потоков подземных вод. Режимы фильтрации.	2	2	10	письменное домашнее задание
4.	Гравитационная и упругая емкость водоносных горных пород.	2	2	10	письменное домашнее задание
5.	Математические модели геофильтрации. Основные задачи подземной гидрогеомеханики.	2	2	8	письменное домашнее задание
6.	Безнапорная фильтрация. Уравнение Буссинеска.	2	2	8	письменное домашнее задание
7.	Движение воды в зоне неполного насыщения. Уравнение Ричардса.	2	2	12	письменное домашнее задание
8.	Методы анализа геофильтрационных процессов. Методы проведения геофильтрационных и геомиграционных расчетов.	2	4	8	реферат, письменное домашнее задание
	Итого	18	18	72	зачет

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Основы подземной гидравлики.

Важнейшие понятия о процессах, протекающих в подземных водах. Уравнение баланса массы воды.

Тема 2. Закон фильтрации Дарси. Проницаемость пород.

Уравнение гидромеханики. Гипотеза Жуковского. Уравнения фильтрации (закон Дарси). Понятие об обобщенном напоре. Проницаемость пород и коэффициент фильтрации.

Тема 3. Схематизация потоков подземных вод. Режимы фильтрации.

Обобщенные уравнения переноса. Материальная производная. Закон Онсагера. Основные принципы подземной гидромеханики. Уравнение фильтрационной консолидации.

Тема 4. Гравитационная и упругая емкость водоносных горных пород.

Упругий режим фильтрации. Постановка краевых задач: задача Дирихле и задача Неймана. Уравнение Лапласа.

Тема 5. Математические модели геофильтрации. Основные задачи подземной

гидромеханики.

Задача о притоке к совершенной скважине. Формула Дюпюи. Задача о притоке к несовершенной скважине, к кусту скважин, к галерее скважин, о фильтрации под плотиной.

Тема 6. Безнапорная фильтрация. Уравнение Буссинеска.

Осреднение уравнения фильтрации в безнапорном пласте. Уравнение Буссинеска и его простейшие решения.

Тема 7. Движение воды в зоне неполного насыщения. Уравнение Ричардса.

Законы двухфазной фильтрации. Закон ненасыщенной фильтрации. Уравнение Ричардса и его простейшие решения.

Тема 8. Методы анализа геофильтрационных процессов. Методы проведения геофильтрационных и геомиграционных расчетов.

Уравнения подземного массопереноса. Одномерная задача подземного выщелачивания и методы ее решения. Задача о карсте. Понятие о локальном химическом равновесии.

5. Образовательные технологии

Академическая лекция: монологическое, аргументированное и обоснованное изложение материала.

Проблемная лекция: начинается с вопросов, с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. При этом выдвигаемая проблема требует не однотипного решения, готовой схемы которого нет. Данный тип лекции строится таким образом, что деятельность аспиранта по ее усвоению приближается к поисковой, исследовательской. На подобных лекциях обязателен диалог преподавателя и аспирантов

Лекция-консультация: при которой до 50% времени отводится для ответов на вопросы аспирантов; в том числе с привлечением специальных консультантов – квалифицированных специалистов в области изучаемой проблемы.

Методы группового решения творческих задач: развивающейся кооперации; мозгового штурма.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА АСПИРАНТОВ (СРА) включает следующие виды работ:

Основной формой обучения аспиранта являются самостоятельная работа над учебным материалом. Для облегчения этой работы сотрудники кафедры организуют чтение курсов лекций, практические занятия и лабораторные работы. Поэтому процесс изучения дисциплины состоит из следующих этапов:

1. проработка лекций;
2. самостоятельная работа над учебниками и учебными пособиями;
3. практические занятия;
4. написание реферата
5. зачет

При самостоятельной работе над учебным материалом необходимо:

составлять конспект, записывая в нем законы и формулы, выражающие эти законы, определения основных физических понятий, сущность физических явлений и методов исследования; для более глубокого изучения предмета при составлении конспекта использовать не только материал лекций, но и учебников и учебных пособий

Домашняя практическая работа:

1. Основы подземной гидравлики.
2. Закон фильтрации Дарси. Проницаемость пород.

3. Схематизация потоков подземных вод. Режимы фильтрации.
4. Гравитационная и упругая емкость водоносных горных пород.
5. Математические модели геофильтрации. Основные задачи подземной гидромеханики.
6. Безнапорная фильтрация. Уравнение Буссинеска.
7. Движение воды в зоне неполного насыщения. Уравнение Ричардса.
8. Методы анализа геофильтрационных процессов. Методы проведения геофильтрационных и геомиграционных расчетов.

Зачет включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень освоения аспирантами и знаний и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и навыков

Критерии оценивания знаний, умений, навыков

Критерии оценки по результатам зачета

Оценка, выставляемая за зачет **квалитативного типа (по шкале наименований «зачтено» / «не зачтено»).**

«Зачтено» - освоен общий уровень всех составляющих компетенций, если аспирант демонстрирует отличные и хорошие знания в ходе занятий, проявляет активность на практическом практикуме и выполняет все работы; реферат в полной мере соответствует выданной теме; посещены все лекционные занятия, аспирант проявляет активность и инициативность в изучении материала.

«Не зачтено» - не освоен уровень всех составляющих компетенций, если аспирант демонстрирует плохие знания в ходе занятий по практике, не посещал лекционные занятия.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

7.1. Регламент дисциплины

Процедура оценивания знаний, умений, навыков, характеризующая этапы формирования компетенций по дисциплине осуществляется в ходе текущего и промежуточного контроля.

Текущий контроль организуется в формах:

- проверки письменных заданий (решения практико-ориентированных задач, рефератов);

Промежуточный контроль осуществляется в форме итогового зачета.

Зачет включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень освоения аспирантами и знаний и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и навыков

7.2. Оценочные средства текущего контроля

включает в себя: практические задачи; реферат и зачет.

Практические задания:

1. *Основы подземной гидравлики.*

Вычисление дивергенции и градиента вектора. Правила векторного анализа.

2. *Закон фильтрации Дарси. Проницаемость пород.*

Вычисление напора и скорости фильтрации для модельных случаев. Пересчет проницаемости пород и коэффициента фильтрации.

3. *Схематизация потоков подземных вод. Режимы фильтрации.*

Простейшие решения обобщенных уравнений переноса. Задачи на применение закона Онсагера.

4. *Гравитационная и упругая емкость водоносных горных пород.*

Решение уравнения упругого режима фильтрации. Простейшие решения уравнения Лапласа.

5. *Математические модели геофильтрации. Основные задачи подземной гидромеханики.* Решение задачи о притоке к совершенной скважине по формуле Дюпюи и задач о притоке к несовершенной скважине, к кусту скважин, к галерее скважин, о фильтрации под плотиной.

6. *Безнапорная фильтрация. Уравнение Буссинеска.* Уравнение Буссинеска и его простейшие решения.

7. *Движение воды в зоне неполного насыщения. Уравнение Ричардса.* Уравнение Ричардса и его простейшие решения.

8. *Методы анализа геофильтрационных процессов. Методы проведения геофильтрационных и геомиграционных расчетов.*

Решение уравнения подземного массопереноса. Одномерная задача подземного выщелачивания и методы ее решения. Задача о карсте.

Темы рефератов

1. Уравнения гидромеханики. Гипотеза Жуковского. Закон фильтрации.
2. Разные виды закона фильтрации. Проницаемость горных пород.
3. Основные задачи фильтрации.
4. Безнапорная фильтрация. Уравнение Буссинеска.
5. Гидрогеодинамические свойства горных пород.
6. Движение воды в зоне неполного насыщения.
7. Гравитационная и упругая емкость горных пород.
8. Теоретическая модель геофильтрации. Упругий режим фильтрации.
9. Свободная и подпертая геофильтрация. Условия на свободной поверхности.
10. Типы потоков подземных вод. Структура их течения и баланса.
11. Геофильтрационная схематизация. Свойства гидродинамической сетки.
12. Правила построения сеточных схем для профильных и плановых потоков.
13. Свободная фильтрация из водотока. Поток под экранированным водотоком.
14. Моделирование стационарного потока в пластах с перетеканием.
15. Моделирование подпора грунтовых вод в берегах водохранилищ.
16. Аналитические методы решения задач нестационарной геофильтрации.
17. Методы фильтрационных сопротивлений для расчетов дрен и скважин.
18. Расчеты береговых водозаборов, защитного и мелиоративного дренажа.
19. Откачки из совершенной скважины в напорном пласте, формула Дюпюи. Учет переменного дебита.
20. Интерпретация кустовой откачки в изолированном напорном пласте.
21. Формирование воронки депрессии и интерпретация опытных откачек из совершенных скважин в напорных пластах с перетеканием.
22. Формирование воронки депрессии и интерпретация опытных откачек из совершенных скважин в гетерогенных пластах и безнапорных потоках.
23. Приток к несовершенной скважине.
24. Опробование зоны аэрации опытными наливками.
25. Миграция примеси в подземном потоке.

7.3. Вопросы к зачету

Вычисление дивергенции и градиента вектора. Правила векторного анализа.

Вычисление напора и скорости фильтрации для модельных случаев. Пересчет проницаемости пород и коэффициента фильтрации.

Простейшие решения обобщенных уравнений переноса. Задачи на применение закона Онсагера.

Решение уравнения упругого режима фильтрации. Простейшие решения уравнения Лапласа.

Решение задачи о притоке к совершенной скважине по формуле Дюпюи и задач о притоке к несовершенной скважине, к кусту скважин, к галерее скважин, о фильтрации

под плотинной.

Уравнение Буссинеска и его простейшие решения.

Уравнение Ричардса и его простейшие решения.

Решение уравнения подземного массопереноса. Одномерная задача подземного выщелачивания и методы ее решения. Задача о карсте.

7.4. Таблица соответствия компетенций, критериев оценки их освоения и оценочных средств

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции	Показатель формирования компетенции для данной дисциплины	Оценочное средство
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Способен критически мыслить и оценивать современные научные достижения.	письменное домашнее задание
УК-2	способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки	Способен проектировать и осуществлять комплексные исследования	письменное домашнее задание
ОПК-1	– способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Способен самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность, планировать и проводить эксперимент, обобщать результаты с использованием современных аналитических методов и информационно-коммуникационных технологий	письменное домашнее задание
ПК-13	способность формулировать проблемы, задачи и методы научного исследования; получать новые достоверные факты на основе наблюдений, опытов, научного анализа эмпирических	Способен формулировать проблемы, задачи и методы научного исследования, отрабатывать	реферат

	данных	методики и проектировать исследования	
ПК-15	Готовность осуществлять организацию и управление научно-исследовательскими и научно-производственными гидрогеологическими и гидрогеоэкологическими работами с использованием углубленных знаний в области гидрогеологии	Способен организовать научно-исследовательскую работу с бакалаврами и магистрами	реферат
ПК-16	анализа гидрогеологических условий на концептуальном, логическом математическом и алгоритмическом уровнях	умение моделирования, расчета параметров	реферат

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ОСВОЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

В научно-исследовательских лабораториях гидрогеомеханическим профиля широко применяются различные методы расчеты гемодинамики, скорости и др.

Целью дисциплины является подготовка специалистов, владеющих теоретическими основами и практическими приемами гидрогеомеханики, умеющих проводить обработку результатов расчетов и опытных испытаний.

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

Знать: основные законы гидрогеомеханических и физико-химические методы анализа веществ, их сущность, теоретические основы и области применения, а также метрологические характеристики методов анализа.

Уметь: владеть основными методами гидрогеомеханических расчетов и физико-химическими методами анализа.

Основной формой обучения являются самостоятельная работа над учебным материалом. Для облегчения этой работы сотрудники кафедры организуют чтение курсов лекций, практические занятия и лабораторные работы. Поэтому процесс изучения дисциплины состоит из следующих этапов:

- проработка лекций;
- самостоятельная работа над учебниками и учебными пособиями;
- лабораторный практикум;
- зачет

При **самостоятельной работе** над учебным материалом необходимо:

- составлять конспект, записывая в нем законы и формулы, выражающие эти законы, определения основных физических понятий, сущность физических явлений и методов исследования;
- для более глубокого изучения предмета при составлении конспекта использовать не только материал лекций, но и учебников и учебных пособий;
- изучать дисциплину систематически, т.к. в противном случае материал будет усвоен поверхностно.

Практические занятия. Их главная цель - не только изучить на опыте важнейшие физические явления, но и научиться обращаться с разнообразными, в том числе и самыми современными физическими приборами, привить необходимые навыки по наладке и проверке аппаратуры, правильному распределению времени эксперимента.

Описания к лабораторным работам не претендуют на то, чтобы создать у аспирантов полное представление об изучаемых явлениях. Такое представление может возникнуть только в результате проработки лекций и чтения учебников. В описании сообщается тот

минимум сведений, без которых невозможно связное изложение экспериментальной методики и сознательная постановка контрольных опытов. Большое внимание уделяется статистическим методам обработки результатов экспериментов.

Алгоритм выполнения лабораторных работ может быть следующим:

- сначала готовит конспект по описанию к лабораторной работе по стандартной форме (дается на кафедре);
- сдает "допуск" к лабораторной работе, т.е. рассказывает о стратегии и тактике проведения анализа. Результатом работы над "допуском" является точное представление цели работы, методики ее выполнения, ожидаемого результата;
- выполняет анализ, расчетно-графическую работу, результаты которой вместе с вычисленной погрешностью измерений заносит в стандартную форму отчета;
- защита практической работы включает и теоретическую и экспериментальную часть. Контрольные вопросы, приводимые в описании лабораторной работы, помогают аспиранту осознанно рассказывать о проделанной работе, о физических законах и явлениях затронутых в ней.

При написании рефератов в материале следует выделить небольшое количество (не более 5) заинтересовавших Вас проблем и сгруппировать материал вокруг них. Следует добиваться четкого разграничения отдельных проблем и выделения их частных моментов.

На **зачете** в первую очередь выясняется усвоение основных теоретических положений программы и умение творчески применять полученные знания к решению практических задач. При их сдаче необходимо излагать четко и достаточно подробно физическую сущность явлений, законов, процессов.

Только при выполнении перечисленных видов работ знания по дисциплине «Гидрогеомеханика» могут быть признаны удовлетворительными.

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

9.1. Основная литература:

1. Семенов, В. П. Основы механики жидкости [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. П. Семенов. – М. : ФЛИНТА, 2013. – 375 с. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=462982>
2. Голик В. И. Подземная разработка месторождений: Учебное пособие / В.И. Голик. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 117 с.: 60x88 1/16. (обложка) ISBN 978-5-16-006752-0, 500 экз. URL: [URL: http://znanium.com/bookread.php?book=406232](http://znanium.com/bookread.php?book=406232)
3. Зверев, Валентин Петрович. Подземная гидросфера = Subsurface hydrosphere : проблемы фундаментальной гидрогеологии / В. П. Зверев ; [Рос. акад. наук, Ин-т геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН (ИГЭ РАН)] .— Москва : Научный мир, 2011 .— 258 с. : ил. ; 25 .— Авт. также на англ. яз.: V. P. Zverev .— Огл. парал.: рус., англ. — Библиогр.: с. 246-258 .— ISBN 978-5-91522-213-6 ((в пер.)) , 500

9.2. Дополнительная литература:

1. Техническая механика: Учебник / Г.Г. Сафонова, Т.Ю. Артюховская, Д.А. Ермаков. - М.: ИНФРА-М, 2009. - 320 с.: 60x90 1/16. - (Среднее профессиональное образование). (переплет) ISBN 978-5-16-003616-8, 3000 экз. <http://znanium.com/bookread2.php?book=164560>
2. Механика: Учебное пособие для вузов / В.Т. Батиенков, В.А. Волосухин, С.И. Евтушенко, В.А. Лепихова. - М.: ИЦ РИОР: ИНФРА-М, 2011. - 512 с.: 60x90 1/16. - (Высшее образование). (переплет) ISBN 978-5-369-00757-0, 1000 экз. <http://znanium.com/bookread2.php?book=219285>

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. <http://geo.web.ru/> – «Все о геологии» – неофициальный сервер геологического

- факультета МГУ;
2. http://www.geology.pu.ru/index.php?mod=mod_r_3&nam=%CB%E5%EA%F6%E8%E8&menu=&smenu= – лекции on-line по основным разделам геологии из образовательных ресурсов Университета Тромсё, Норвегия, переведенные на русский язык.
 3. Англоязычные Интернет-ресурсы по геологии: <http://ocw.mit.edu/courses/civil-and-environmental-engineering/1-72-groundwater-hydrology-fall-2005/lecture-notes> – лекции on-line по основным разделам геологии из образовательных ресурсов Массачусетского Технологического Института

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

1. Проекционная техника.

2. Лаборатория «Механики грунтов», лаборатория «Грунтоведения» : компьютер, измерительно-вычислительный комплекс «АСИС-», приборы для определения верхнего и нижнего предела пластичности грунтов (Wille Geotechnik, ООО НПП Геотек), фильтрационный прибор D 3325S (Wille Geotechnik), холодильная камера, приборы ПРГ, ПНГ, сушильный шкаф, муфельная печь, вакуумный сушильный шкаф, вытяжной шкаф, аналитические весы, песчаная баня, водяная баня, термометр цифровой, секундомер, комплект лабораторной посуды для определения физических свойств грунтов. Программа обработки результатов испытаний механических свойств грунтов «АСИС-репорт», программа хранения и обработки данных инженерно-геологических изысканий «EngGeo».

Электронно-библиотечная система «Znanium.com».

Электронно-библиотечная система «БиблиоРоссика».

Электронно-библиотечная система Издательства «Лань».

Научная электронная библиотека eLibrary.ru.

Принтер и копировальный аппарат для распечатки текстов.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО аспирантуры
(Приказ Минобрнауки РФ от 30.07.2014 № 870)

Автор: д. физ.-мат. н. Храмченков М.Г.

Рецензент: к. физ.-мат. н. Галеев А.А.

Программа одобрена на заседании Учебно-методической Института геологии и нефтегазовых технологий КФУ от 15 сентября 2015 года, протокол №1.