

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



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Динамика подземных вод М2.В.2**

Направление подготовки: 020700.68 - Геология

Профиль подготовки: Инженерная геология и гидрогеология урбанизированных территорий

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Храмченков М.Г.

**Рецензент(ы):**

Ибрагимов Р.Л.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Галеев А. А.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института геологии и нефтегазовых технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 337714

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Храмченков М.Г. Кафедра общей геологии и гидрогеологии Институт геологии и нефтегазовых технологий, Maxim.Khranchenkov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) Б.3.В.5 Приводятся важнейшие понятия динамики подземных вод и гидрогеомеханики, а также способы получения и свойства дифференциальных уравнений с частными производными, описывающих процессы динамики подземных вод, и их решений. Даются решения основных задач подземной гидромеханики (задача о притоке к совершенной скважине, задача о притоке к несовершенной скважине, к кусту скважин, к галерее скважин, о безнапорном течении флюида, задача насыщенно-ненасыщенной фильтрации, задача о подземном массопереносе с учетом химических реакций). Для каждого из указанных типов задач осуществляется подбор классических примеров для процессов динамики подземных вод и аналитических методов их решения.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.В.2 Профессиональный" основной образовательной программы 020700.68 Геология и относится к вариативной части. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Дисциплина Б.3.В.5 Динамика подземных вод входит в профессиональный цикл ООП бакалавриата по направлению подготовки "Геология" и изучается в 8-ом семестре 4 курсе. Для успешного освоения дисциплины Б.3.В.5 курса Динамика подземных вод необходима хорошая общегеологическая подготовка, выражающаяся в понимании основ "Общей геологии" и "Гидрогеология", "Геохимии" а также знания в рамках курсов "Гидрогеология". Освоение данной дисциплины необходимо для изучения вариативных профильных дисциплин и освоения магистерских программ геологического профиля, а также для успешной профессиональной деятельности.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-16 (профессиональные компетенции)	способен использовать профильно-специализированные знания фундаментальных разделов физики, химии, экологии для освоения теоретических основ геологии, геофизики, геохимии и экологической геологии
ПК-5 (профессиональные компетенции)	готов к работе на полевых и лабораторных геологических, геофизических, геохимических приборах, установках и оборудовании
ПК-9 (профессиональные компетенции)	готов применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов полевых геологических, геофизических, геохимических, гидрогеологических, нефтегазовых и эколого-геологических исследований при решении научно-производственных задач

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

знать основные законы подземной гидравлики и гидромеханики; обладать теоретическими и практическими знаниями об основных факторах формирования гидрогеологических процессов, знать законы геодинамики;

иметь представления об основных профилактических и конструктивных мероприятиях, направленных на борьбу с существующими или возможными негативными проявлениями геологических и гидрогеологических процессов

**2. должен уметь:**

применять основные стандартные и авторские методики, используемые для оценки и прогноза развития геологических и гидрогеологических процессов; - уметь ориентироваться в основных понятиях динамики подземных вод

**3. должен владеть:**

- владеть теоретическими знаниями о методах исследования объектов динамики подземных вод;

- демонстрировать практические навыки решения задач динамики подземных вод.

**4. должен демонстрировать способность и готовность:**

способен применять основные стандартные и авторские методики, используемые для оценки и прогноза развития геологических и гидрогеологических процессов;

способен ориентироваться в основных понятиях динамики подземных вод;

готов применять практические навыки решения задач динамики подземных вод;

способен использовать профильно- специализированные знания фундаментальных разделов физики, химии;

готов работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;

**4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

**4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю**

**Тематический план дисциплины/модуля**

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. фильтрация флюидов в земной коре; напряженно-деформированное состояние флюидо-насыщенных горных пород	3	1	2	0	5	письменная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. массообмен в системе "подземный флюид - гоная порода"; химические реакции в фильтрующемся флюиде; влияние напряженно-деформированного состояния горных пород на фильтрационные свойства	3	2	2	0	5	письменная работа
3.	Тема 3. тепловые процессы в горных породах; температурные деформации; тепловое расширение; общее уравнение массообмена и теплообмена при фильтрации флюидов в горных породах	3	3	2	0	5	письменная работа
4.	Тема 4. математические модели формирования месторождений полезных ископаемых (магматогенные; метаморфические; гидротермальные); математические модели метасоматоза	3	4	2	0	5	контрольная работа письменная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	зачет
	Итого			8	0	20	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. фильтрация флюидов в земной коре; напряженно-деформированное состояние флюидо-насыщенных горных пород**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Уравнения баланса массы флюида и вещества горных пород при фильтрации флюидов в земной коре; уравнения напряженно-деформированного состояние флюидо-насыщенных горных пород; эффективные напряжения

**лабораторная работа (5 часа(ов)):**

определение реологических и фильтрационных свойств горных пород

**Тема 2. массообмен в системе "подземный флюид - гоная порода"; химические реакции в фильтрующемся флюиде; влияние напряженно-деформированного состояния горных пород на фильтрационные свойства**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Моделирование процессов массообмена в системе "подземный флюид - горная порода"; модели, учитывающие кинетику химических реакций в фильтрующемся флюиде; моделирование влияния напряженно-деформированного состояния горных пород на фильтрационные свойства

**лабораторная работа (5 часа(ов)):**

изучение особенностей кинетики химических реакций в подземном растворе; расчет кинетики реакций

**Тема 3. тепловые процессы в горных породах; температурные деформации; тепловое расширение; общее уравнение массообмена и теплообмена при фильтрации флюидов в горных породах**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

математические модели теплообмена и тепловых процессов в горных породах; температурные деформации; тепловое расширение; построение общих уравнений массообмена и теплообмена при фильтрации флюидов в горных породах

**лабораторная работа (5 часа(ов)):**

изучение тепловых свойств горных пород; решение задач теплообмена в горных породах

**Тема 4. математические модели формирования месторождений полезных ископаемых (магматогенные; метаморфические; гидротермальные); математические модели метасоматоза**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

математические модели формирования месторождений полезных ископаемых (магматогенные; метаморфические; гидротермальные); математические модели метасоматоза; математические модели формирования залежей нефти в глинистых породах (сланцевая нефть)

**лабораторная работа (5 часа(ов)):**

решение задач подземного массообмена

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. фильтрация флюидов в земной коре; напряженно-деформированное состояние флюидо-насыщенных горных пород	3	1	подготовка к письменной работе	11	письменная работа
2.	Тема 2. массообмен в системе "подземный флюид - гоная порода"; химические реакции в фильтрующемся флюиде; влияние напряженно-деформированного состояния горных пород на фильтрационные свойства	3	2	подготовка к письменной работе	11	письменная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
3.	Тема 3. тепловые процессы в горных породах; температурные деформации; тепловое расширение; общее уравнение массообмена и теплообмена при фильтрации флюидов в горных породах	3	3	подготовка к письменной работе	11	письменная работа
4.	Тема 4. математические модели формирования месторождений полезных ископаемых (магматогенные; метаморфические; гидротермальные); математические модели метасоматоза	3	4	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
				подготовка к письменной работе	5	письменная работа
Итого					44	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

В процессе изучения курса предполагается использование ЭОР "Динамика подземных вод" на основе пакета E-learning Moodle для изучения некоторых частей курса. Часть лекционных занятий проводятся в виде мультимедийных презентаций. Практические темы курса осваиваются на лабораторных занятиях с использованием соответствующих приборов и оборудования и последующей защитой результатов лабораторных работ. Часть тем теоретического курса предлагаются студентам для внеаудиторной работы, с последующим обсуждением материала на коллоквиумах.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. фильтрация флюидов в земной коре; напряженно-деформированное состояние флюидо-насыщенных горных пород

письменная работа , примерные вопросы:

решение взаимосвязанных уравнений фильтрации и НДС горных пород

#### Тема 2. массообмен в системе "подземный флюид - гоная порода"; химические реакции в фильтрующемся флюиде; влияние напряженно-деформированного состояния горных пород на фильтрационные свойства

письменная работа , примерные вопросы:

решение уравнений массообмена при фильтрации флюидов в горных породах

#### Тема 3. тепловые процессы в горных породах; температурные деформации; тепловое расширение; общее уравнение массообмена и теплообмена при фильтрации флюидов в горных породах

письменная работа , примерные вопросы:



решение уравнений теплообмена при фильтрации флюидов в горных породах

#### **Тема 4. математические модели формирования месторождений полезных ископаемых (магматогенные; метаморфические; гидротермальные); математические модели метасоматоза**

контрольная работа , примерные вопросы:

Контрольные вопросы для проведения текущего контроля: Важнейшие понятия о процессах, протекающих в подземных водах. Уравнение баланса массы воды. Уравнение гидромеханики. Гипотеза Жуковского. Уравнения фильтрации (закон Дарси). Понятие об обобщенном напоре. Проницаемость пород и коэффициент фильтрации. Обобщенные уравнения переноса. Материальная производная. Закон Онсагера. Вариационные принципы подземной гидромеханики. Уравнение фильтрационной консолидации. Упругий режим фильтрации. Постановка краевых задач: задача Дирихле и задача Неймана. Уравнение Лапласа. Задача о притоке к совершенной скважине. Формула Дюпюи. Задача о притоке к несовершенной скважине, к кусту скважин, к галерее скважин, о фильтрации под плотиной. Осреднение уравнения фильтрации в безнапорном пласте. Уравнение Буссинеска и его простейшие решения. Законы двухфазной фильтрации. Закон ненасыщенной фильтрации. Уравнение Ричардса и его простейшие решения. Уравнения подземного массопереноса. Одномерная задача подземного выщелачивания и методы ее решения. Задача о карсте. Понятие о локальном химическом равновесии.

письменная работа , примерные вопросы:

решение уравнений типа "диффузия - реакция"

#### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Номер занятия Содержание практических и семинарских занятий

Тема 1. Основы подземной гидравлики.

Вычисление дивергенции и градиента вектора. Правила векторного анализа.

Тема 2. Закон фильтрации Дарси. Проницаемость пород.

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

Тема 3. Схематизация потоков подземных вод. Режимы фильтрации.

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

Тема 4. Гравитационная и упругая емкость водоносных горных пород.

Решение уравнения упругого режима фильтрации. Простейшие решения уравнения Лапласа.

Тема 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.

Тема 6. Безнапорная фильтрация. Уравнение Буссинеска.

Уравнение Буссинеска и его простейшие решения.

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

Уравнение Ричардса и его простейшие решения.

Тема 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.

**САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ (СРС)** включает следующие виды работ:

- изучение теоретического лекционного материала;



- проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература);
- доработка решений задач начатых на практических занятиях;
- подготовка к коллоквиумам.

Контрольные вопросы для проведения текущего контроля:

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

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

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

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

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

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

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

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

### 7.1. Основная литература:

Гриневский с. URL: О. Гидрогеодинамическое моделирование взаимодействия подземных и поверхностных вод: Монография / С.О. Гриневский. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 152 с.: 60x88 1/16. - (Научная мысль). (обложка) ISBN 978-5-16-005256-4, 100 экз.  
<http://znanium.com/bookread.php?book=413174>

Основы инженерной геологии: Учебник для средних спец. учебных заведений / Н.А.Платов - 3 изд., перераб., и доп. и исправл. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 192 с. URL:  
<http://znanium.com/bookread.php?book=252444>

Гидрогеоэкология городов: Учебное пособие / М.С. Орлов, К.Е. Питьева. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 288 с. URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=461094>

Керимов В.Ю., Рачинский М.З. Геофлюидодинамика нефтегазоносности подвижных поясов. - М.: ООО "Издательский дом Недра", 2011. - 600 с. URL:  
<http://znanium.com/bookread.php?book=349291>

### 7.2. Дополнительная литература:

Бондарик Г.К. Инженерная геодинамика : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 130302 "Поиски и разведка подземных вод и инженерно-геологические изыскания" направления 130300 "Прикладная геология" и магистров техники и технологии направления 130100 "Геология и разведка полезных ископаемых" / Г. К. Бондарик, В. В. Пендин, Л. А. Ярг. - Москва : КДУ, 2007. - 439 с., [8] л. цв. ил., к. : ил. ; 20. - Библиогр.: с. 432-439. - ISBN 978-5-98227-206-5, 1000.

В.Т. Трофимов, Т.И. Аверкина. . Теоретические основы региональной инженерной геологии / В.Т. Трофимов, Т.И. Аверкина ; Моск. гос. ун-т, Геол. фак., Рос. фонд фундамент. исслед. - Москва : ГЕОС, 2007. - 463 с., [2] л. к. : ил., карты ; 25. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 5-89118-456-8, 400.

Геофизический и гидродинамический контроль разработки месторождений углеводородов / А. И. Ипатов, М. И. Кременецкий. ? Изд. 2-е, испр. ? Москва : Регулярная и хаотическая динамика : Институт компьютерных исследований, 2010. ? 778, [2] с.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Академик - <http://dic.academic.ru/dic.nsf/geolog/6854>

ВИНИТИ РАН -

[http://science.viniti.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&Itemid=139&Section=&id=316&id\\_art=](http://science.viniti.ru/index.php?option=com_content&task=view&Itemid=139&Section=&id=316&id_art=)

ГидроГеоМониторинг - поиск подземных вод, организация источников водоснабжения -

<http://gidropoisk.com/>

Основы геологии - <http://geo.web.ru/db/msg.html?mid=1163814>

Электронная библиотека о диссертации -

<http://www.dissercat.com/content/issledovanie-regionalnoi-dinamiki-podzemnykh-vod-paleozoiskikh-otlozh>

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Динамика подземных вод" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

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

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

1. Компьютеры и проекционная техника (мультимедийный проектор, экран).
2. Комплекс лабораторных приборов "АСИС-грунтоведение".
3. Образцы скальных и дисперсных грунтов.
4. Лаборатория гидрогеохимии

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 020700.68 "Геология" и магистерской программе Инженерная геология и гидрогеология урбанизированных территорий .

Автор(ы):

Храмченков М.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Ибрагимов Р.Л. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.