



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
Кафедра геологии нефти и газа

УТВЕРЖДАЮ  
Декан геологического факультета  
С.П. Примина  
“ 26 ” 03 2019 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ОД.6 Подземная гидромеханика

Специальность 21.05.02. «Прикладная геология»  
Специализация «Геология нефти и газа»  
Квалификация выпускника – горный инженер-геолог  
Форма обучения: заочная

Согласовано с УМК  
Геологического факультета  
Протокол № 6 от « 22 » 03 2019 г.  
Председатель \_\_\_\_\_  
А.Ф. Летникова

Рекомендовано кафедрой:  
геологии нефти и газа  
Протокол № 7  
От « 21 » 03 2019 г.  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
С.П. Примина

Иркутск 2019 г.

## Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП.	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины	4
4. Объем дисциплины и виды учебной работы	5
5. Содержание дисциплины	6
5.1 Содержание разделов и тем дисциплины	6
5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	12
5.3 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	13
5.4 Перечень лекционных занятий	14
6. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов, методические указания по организации самостоятельной работы студентов	15
6.1. План самостоятельной работы студентов	17
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	20
7. Примерная тематика курсовых работ	21
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины :	21
а) основная литература;	21
б) дополнительная литература;	21
в) программное обеспечение;	22
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	22
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины	23
10. Образовательные технологии	24
11. Оценочные средства (ОС)	25

## 1. Цели и задачи дисциплины

**Цель:** Освоение студентами основ механики сплошной среды при фильтрации флюидов через пористую среду горных пород.

**Задачами** дисциплины являются:

- Подобие лабораторных и промысловых исследований;
- Определение оптимальной экономической целесообразности конечной нефтегазоотдачи пласта;
- Построение теоретических моделей фильтрации, подобных естественным.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Дисциплина «Подземная гидромеханика» относится к профессиональному циклу общеобразовательной программы. Изучение дисциплины опирается на ранее полученные знания по следующим дисциплинам: «Математика», «Физика», «Химия», «Физика нефтяного и газового пласта», «Теоретическая механика», Знания, полученные по курсу «Подземная гидромеханика», используются в дальнейшем при изучении специальных дисциплин: «Испытание скважин», «Нефтегазопромысловая геология», «Основы разработки месторождений нефти и газа».

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- готовностью использовать теоретические знания при выполнении производственных, технологических и инженерных исследований в соответствии со специализацией (ПК-1);

- способностью проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований (ПК-15);

В результате освоения дисциплины «Подземная гидромеханика» обучающийся должен:

Знать: методы математического моделирования в подземной гидромеханике;

Уметь: строить теоретические модели фильтрации флюида в пористых средах горных пород;

Владеть: современными методами обработки КВД, КП, ИК.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов (зачетных единиц)	Курс			
		4			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	14				
В том числе:					
Лекции		6			
Практические занятия (ПЗ)		8			
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	121				
В том числе:					
Контроль					
<i>Другие виды самостоятельной работы:</i> самостоятельная проработка теоретического материала при подготовке к практической работе, подготовка к устному опросу					
Вид промежуточной аттестации	экзамен	9			
<b>Контактная работа (всего)</b>	26				
Общая трудоемкость часы	144				
зачетные единицы	4				

## 5. Содержание дисциплины.

### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины.

Тема 1. Введение

Тема 2. Основы механики сплошной среды

Тема 3. Основные законы гидростатики

Тема 4. Гидродинамика

Тема 5. Основные определения и понятия фильтрации флюидов

Тема 6. Основы анализа размерностей и теории подобия

Тема 7. Одномерное движение несжимаемой жидкости и газа пористой в среде

Тема 8. Основы теории фильтрации многофазных систем

### 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин		
1	Физика нефтяного и газового пласта	Темы 2, 3, 4, 5		
2	Нефтегазопромысловая геология		Темы 2, 3	
3	Основы разработки месторождений нефти и газа			Темы 3, 4, 5, 6, 7

### 5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий в часах					
		Лекции	Практ. занят.	Семинары	Лабор. зан.	СРС	Всего
1	Введение (тема 1)	0,5				15	15,5
2	Основы механики сплошной среды (тема 2)	0,5	1			15	16,5
3	Основные законы гидростатики (тема 3)	0,5	1			15	16,5
4	Гидродинамика (тема 4)	0,5	2			15	17,5
5	Основные определения и понятия фильтрации флюидов (тема 5)	0,5	1			15	16,5
6	Основы анализа размерностей и теории подобия (тема 6)	0,5	1			15	16,5
7	Одномерное движение несжимаемой жидкости и газа пористой в среде	0,5	2			15	17,5

	(тема 7)						
8	Основы теории фильтрации многофазных систем (тема 8)	0,5	2			16	17,5

#### 5.4 Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Введение (тема 1)	Традиционная лекция	0,5	Устный опрос	ПК-1 ПК-15
2.	Основы механики сплошной среды (тема 2)	Традиционная лекция	0,5	Устный опрос	
3.	Основные законы гидростатики (тема 3)	Традиционная лекция	0,5	Устный опрос	
4.	Гидродинамика (тема 4)	Традиционная лекция	0,5	Устный опрос	
5.	Основные определения и понятия фильтрации флюидов (тема 5)	Традиционная лекция	0,5	Устный опрос	
6.	Основы анализа размерностей и теории подобия (тема 6)	Традиционная лекция	0,5	Устный опрос	
7.	Одномерное движение несжимаемой жидкости и газа пористой в среде (тема 7)	Традиционная лекция	0,5	Устный опрос	
8.	Основы теории фильтрации многофазных систем (тема 8)	Традиционная лекция	0,5	Устный опрос	

#### 6. Перечень практических занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	Основы механики сплошной среды (тема 2)	Определение скорости фильтрации флюида в зоне дренажа скважин методом материального баланса.	1	РМ	ПК-1 ПК-15
2	Основные законы гидростатики (тема 3)	Расчет давления на устье газовой скважины по известному значению пластового давления	1	РМ	
3	Гидродинамика (тема 4)	Определение критического значения скорости потока по числу Рейнольдса, выбор типа фонтанной арматуры	2	РМ	

4	Основные определения и понятия фильтрации флюидов (тема 5)	1. Установление связи между системами единиц измерения физических величин 2. Получение математической модели фильтрации с использованием П-Теоремы	1	РМ	
5	Основы анализа размерностей и теории подобия (тема 6)	Определение размерности физических величин	1	Тест	
6	Одномерное движение несжимаемой жидкости и газа пористой в среде (тема 7)	Расчет гидродинамических параметров продуктивных пластов на установившихся режимах фильтрации флюидов.	2	РМ	
7	Основы теории фильтрации многофазных систем (тема 8)	Построение модели распределения ФЕС, скин-эффект, выработки пласта по зоне дренажа скважины	2	РМ	

РМ – расчетная модель.

### 6.1. План самостоятельной работы студентов

№ п/п	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1.	Все темы	Подготовка к контрольной работе	Чтение литературы	Вся рекомендуемая литература	13
2.	Все темы	Работа над учебными материалами	Анализ полученного теоретического материала	Вся рекомендуемая литература	100
3.	Подготовка к экзамену				4
4.	Текущие консультации				4

### 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Современное общество предъявляет достаточно широкий перечень требований к специалисту, среди которых существенное значение имеет наличие определенных способностей и умения самостоятельно добывать знания из различных источников, систематизировать полученную информацию, давать оценку конкретной финансовой ситуации. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в выполнении практических заданий, подготовке к зачетам и экзаменам, написанию курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная

работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

На лекциях излагаются лишь основные, имеющие принципиальное значение и наиболее трудные для понимания и усвоения теоретические и практические вопросы.

Теоретические знания, полученные студентами на лекциях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются при выполнении практического задания.

При выполнении лабораторных работ обращается особое внимание на выработку у студентов умения грамотно выполнять и оформлять документацию, умения пользоваться научно-технической справочной литературой. Каждый студент должен подготовиться к защите своего решения, разобравшись с теорией исследуемого явления.

Текущая работа над учебными материалами включает в себя обработку конспектов лекций путем систематизации материала, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания лекции. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

Границы между разными видами самостоятельных работ достаточно размыты, а сами виды работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

Закрепление всего изученного материала осуществляется при выполнении контрольного задания. Преподаватель помогает разобраться с проблемными вопросами и задачами (по мере их поступления) в ходе текущих консультаций.

#### **7. Примерная тематика курсовых работ.**

Курсовые работы не предусмотрены.

#### **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:**

##### **а) основная литература:**

Подземная гидромеханика [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студ. образоват. орг. высш. образования по напр. подгот. бакалавриата "Нефтегазовое дело" / В. В. Кадет. - ЭВК. - М. : Академия, 2014. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - 20 доступов. - ISBN 978-5-4468-1627-9

##### **б) дополнительная литература:**

**Н.М. Дмитриев.** Введение в подземную гидромеханику [Текст] : учеб. пособие для подгот. бакалавров и магистров по направлению 553600 "Нефтегазовое дело", для подгот. диплом. спец. по направлению 650700 "Нефтегазовое дело", спец. 090800 "Бурение нефтяных и газовых месторожд." и спец. 090600 "Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений" / Н. М. Дмитриев, В. В. Кадет ; Рос. гос. ун-т нефти и газа им. И. М. Губкина. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ЦентрЛитНефтеГаз, 2009. - 269 с. : граф. ; 21 см. - (Высшее нефтегазовое образование) (1 экз.)

**В.В. Кадет.** Подземная гидромеханика [Текст] : учеб. пособие для студ. образоват. орг. высш. образования, обуч. по направл. подгот. бакалавриата "Нефтегаз. дело" / В. В. Кадет, Н. М. Дмитриев. - М. : Академия, 2014. - 252 с. : ил. ; 22 см. - (Бакалавриат). - Библиогр.: с. 250. (2 экз.)

**в) программное обеспечение:** компьютерные программы Microsoft Office Excel, STATISTICA

##### **г) информационно-справочные системы:**

	Библиотека	Адрес
1	Научно-техническая библиотека ТПУ им. В.А. Обручева	<a href="http://www.lib.tri.ru">www.lib.tri.ru</a>
2	Научно-техническая библиотека ТГУ	<a href="http://www.tsu.ru">www.tsu.ru</a>
3	Научная библиотека Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина	<a href="http://www.gubkin.ru">www.gubkin.ru</a>
4	Научная библиотека МГУ им. М.В. Ломоносова	<a href="http://www.lib.msu.ru">www.lib.msu.ru</a>

5	Библиотека Санкт-Петербургского университета	www.unilib.neva.ru
6	Библиотека естественных наук РАН	www.ben.irex.ru
7	Библиотека Академии наук	spb.org.ru.ban.
8	Библиотека ИГУ	

д) поисковые системы - [Google](#), [Yahoo!](#), [Yandex](#)

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

1. Материалы: Компьютерный класс.

**10. Образовательные технологии:**

Базируются на восстановлении общих и получении новых специальных знаний с помощью методов фундаментальных наук: физики, математике, химии.

Ценность образования по данной дисциплине заключается в использовании методов точных наук для решения технических задач поиска, разведки и разработки месторождений нефти и газа. Некоторые расчеты можно проводить на базе знаний по информатике. В процессе обучения студенты дополнительно получают практические навыки по добыче нефти и бурению скважин. Рекомендуется совместная работа студентов со специалистами, окончившими геологический факультет, аспирантами и магистрантами.

**11. Оценочные средства (ОС):**

**11.1. Оценочные средства для входного контроля.**

Входной контроль знаний не проводится.

Изучение курса основывается на знаниях и понятиях о численных методах анализа идеальных моделей, теории размерностей, подобия и системам единиц измерения физических величин.

**11.2. Оценочные средства для текущего контроля.**

Варианты задания для практических занятий и курсовой работы:

Задание №1

Построить модель ФЭС в зоне дренажа скважины

Исходные данные					
$P_{заб}$ (атм)	50	100	150	200	
$Q$ (м <sup>3</sup> /сут)	100	80	50	10	
$t$ (час)	8	8	8	8	
$n_{отв}$	$d_{отв}$ , см	$l_{отв}$ , мм	$h_{эф}$ , м	$h_{вск}$ , м	$R_c$ , см
20	2	40	1,5	1	10
$b_n$	$\beta_n$	$\mu$ , сПз	$K_{оп}$	$\rho_n$	
1,3	0,7	15	0,12	0,9	
Определить					
$P_{атм}$	$\chi$	$\eta$	$\pi_1$	$\pi_2$	$S$
$k$	$C_1$	$C_2$	$kh/\mu$	$V_{кр}$	$Re$
$R_{с.пр}$	$R_k$				

Задание №2

Построить модель ФЭС в зоне дренажа скважины

Исходные данные					
$P_{заб}$ (атм)	100	150	200	250	
$Q$ (м <sup>3</sup> /сут)	150	120	100	50	
$t$ (час)	5	8	5	8	
$n_{отв}$	$d_{отв}$ , см	$l_{отв}$ , мм	$h_{эф}$ , м	$h_{вск}$ , м	$R_c$ , см



20	1,5	30	5	3	7
$b_n$	$\beta_n$	$\mu, \text{сПз}$	$K_{оп}$	$\rho_n$	$\chi, \text{см}^2/\text{с}$
1,5	0,7	10	0,1	0,6	1000
Определить					
$P_{атм}$	$\eta$	$\pi_1$	$\pi_2$	$S$	$k$
$C_1$	$C_2$	$kh/\mu$	$V_{кр}$	$Re$	$R_{с.пр}$
$R_k$					

### Задание №3

Построить модель ФЭС в зоне дренажа скважины

	Исходные данные				
$H$ (м от устья)	2000	1000	500	300	
$Q$ ( $\text{м}^3/\text{сут}$ )	50	40	20	5	
$t$ (час)	8	8	8	8	
$n_{отв}$	$d_{отв}, \text{см}$	$l_{отв}, \text{мм}$	$h_{эф}, \text{м}$	$h_{вск}, \text{м}$	$R_c, \text{см}$
30	1	30	23	20	10
$b_n$	$\beta_n$	$\mu, \text{сПз}$	$K_{оп}$	$\rho_n$	$H, \text{м}$
1,1	0,8	3	0,15	0,85	3000
Определить					
$P_{атм}$	$\eta$	$\chi$	$\pi_1$	$\pi_2$	$S$
$k$	$C_1$	$C_2$	$kh/\mu$	$V_{кр}$	$Re$
$R_{с.пр}$	$R_k$				

### 11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен).

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Контрольная работа	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8	ПК-1, ПК-15, , ,

Демонстрационный вариант контрольной работы №1

1. Определение скорости фильтрации газа в зоне дренажа скважины.
2. Расчет скин-эффекта, связанного с конструкцией фильтра скважин.
1. Расчет ФЭС керна по уравнениям фильтрации газа.

### Примерный список вопросов к экзамену.

- Понятие сплошной среды в механике.
- Методы описание процесса движения сплошной среды. Методы Лагранжа, Эйлера.
- Вывод уравнений неразрывности и состояния.
- Жидкости капельные, газообразные, реальные и идеальные.
- Динамическая и кинематическая вязкость.

- Основные физические свойства жидкостей и газов. Методы их определения. Фазовые переходы.
- Реологические уравнения.
- Определение гидростатического давления.
- Вывод уравнения гидростатики Л. Эйлера.
- Давление столба тяжелой жидкости, переменной плотности в поле силы тяжести.
- Методы определения гидростатического давления столба газа.
- Принцип действия приборов, предназначенных для измерения давления.
- Пьезометрическая поверхность.
- Поверхность уровня.
- Законы Архимеда, Паскаля.
- Закон равновесия несжимаемой жидкости в сообщающихся сосудах.
- Способы определения расхода (дебита) жидкостей и газа.
- Уравнение движения идеальной жидкости Л. Эйлера.
- Интеграл Д. Бернулли, физический смысл и графическое представление.
- Примеры технического приложения уравнения Д. Бернулли.
- Типы режимов движения жидкостей в трубах.
- Опыты и число Рейнольдса.
- Вывод формулы Дарси-Вейсбаха, Пуазейля.
- Турбулентное движение жидкостей в трубах.
- Коэффициент гидравлического сопротивления. Способы его определения.
- Установившееся движение газа в трубах.
- Классификация трубопроводов.
- Расчет простых трубопроводов.
- Гидравлический удар. Примеры его использования, способы его предупреждения.
- Двухфазное течение в трубах.
- Особенности движения флюидов в пористой среде.
- Средняя скорость фильтрации, действительная скорость движения флюида в пористой среде.
- Закон Дарси, пределы его применения.
- Нелинейные законы фильтрации флюида.
- Определение метода моделирования.
- Типы моделей.

- Математическое (численное) моделирование – основной способ исследования подземной гидромеханики.
- Основы анализа размерностей, теория подобия, П-Теорема.
- Применение теории размерностей для решения практических задач гидромеханики.
- Вывод законов фильтрации с помощью теории размерностей.
- Вывод основных критериев подобия гидромеханики.
- Математические модели однофазной фильтрации.
- Установившееся фильтрация газа. Функция Л.С. Либбензона.
- Характеристика простейших фильтрационных потоков: прямолинейно-параллельного, плоско-радиального, радиально-сферического.
- Вывод формулы Дюпюи. Распределение давления в зоне дренажа скважины.
- Гидродинамическое несовершенство скважин, коэффициенты несовершенства, скин-эффект, приведенный радиус скважин, коэффициент призабойной закупорки поровых каналов.
- Математические модели распределения ФЕС, скин-эффектов, размера поровых каналов, выработки пласта в зоне дренажа скважин.
- Фильтрации газированной жидкости в пористой среде. Функция Христиановича. Фазовые проницаемости.
- Модели притока флюида к горизонтальным и многозабойным скважинам.
- Основная формула теории упругого режима.
- Приближенные методы решения задач упругого режима.
- Математическая модель многофазной фильтрации.
- Движения флюидов в трещинном коллекторе.
- Представление дифференциальных уравнений в конечных разностях.
- Неявные методы решения систем управления фильтраций.
- Типы сеток.
- Способы задания начальных краевых условий.
- Модель Бакли-Левретта.
- Погрешности дискретизации уравнений.

Разработчик:

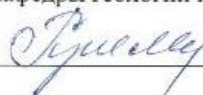
  
(подпись)

ст. преподаватель Р.И. Нургатин

Программа рассмотрена на заседании кафедры геологии нефти и газа

«21» 03 2019 г.

Протокол № 7 Зав. кафедрой



доцент С.П. Примина

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*