

## Аннотация рабочей программы дисциплины Подземная гидромеханика

**Цель дисциплины** – формирование у обучающихся базовых знаний об основных закономерностях притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам, а также решение научно-исследовательских и производственных задач.

### **Задачи дисциплины:**

- сформировать представление о методах расчета процессов фильтрации пластовых флюидов (в т. ч. многофазных потоков) к реальным скважинам;
- дать представление о законах фильтрации несжимаемой и сжимаемой жидкостей, а также основные фильтрационно-емкостные параметры пористой среды;
- дать представление о принципах расчета одномерных установившихся потоков жидкости и газа;
- дать представление о принципах расчета фильтрационных потоков жидкости и газа к реальным скважинам;
- дать представление о принципах моделирования и исследования фильтрационных потоков;
- объяснить и научить применять законы фильтрации для расчета дебитов скважин;
- объяснить и научить рассчитывать дебиты реальных скважин, с учетом их несовершенства.

### **Формируемые компетенции и индикаторы их достижения по дисциплине**

<b>Коды компетенции</b>	<b>Содержание компетенций</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>
<b>ОПК-2</b>	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	ОПК-2.1. знает основные законы естественнонаучных дисциплин, применяемых при изучении основных закономерностей притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам ОПК-2.2. умеет применять основные законы естественнонаучных дисциплин, применяемых при изучении основных закономерностей притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам ОПК-2.3. владеет знаниями об основных закономерностях притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам
<b>ПК-1</b>	способностью применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику	ПК-1.1. знает теоретические и практические основы закономерностей притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам ПК-1.2. умеет применять теоретические и практические знания в практической деятельности при исследовании закономерностей притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к

		добывающим нефтяным и газовым скважинам ПК-1.3. владеет навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе данных притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам
<b>ПК-3</b>	способностью эксплуатировать и обслуживать технологическое оборудование, используемое при строительстве, ремонте, реконструкции и восстановлении нефтяных и газовых скважин, добыче нефти и газа, сборе и подготовке скважинной продукции, транспорте и хранении углеводородного сырья	ПК-3.1. знает особенности подбора технологического оборудования для его эксплуатации и обслуживания на основе данных особенностей притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам ПК-3.2. умеет использовать данные особенностей притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования добычи углеводородов ПК-3.3. владеет навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе данных особенностей притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования добычи углеводородов
<b>ПК-14</b>	способностью проводить диагностику, текущий и капитальный ремонт технологического оборудования, используемого при строительстве, ремонте, реконструкции и восстановлении нефтяных и газовых скважин, добыче нефти и газа, сборе и подготовке скважинной продукции, транспорте и хранении углеводородного сырья	ПК-14.1. знает особенности диагностики, текущего и капитального ремонта технологического оборудования на основе данных особенностей притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования добычи углеводородов ПК-14.2. решает стандартные задачи профессиональной деятельности на основе данных особенностей притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования добычи углеводородов ПК-14.3. владеет навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе данных особенностей притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования добычи углеводородов
<b>ПК-24</b>	способностью планировать и	ПК-24.1. знает особенности планирования экспериментальных работ и обработки полученных

	<p>проводить необходимые эксперименты, обрабатывать, в том числе с использованием прикладных программных продуктов, интерпретировать результаты и делать выводы</p>	<p>данных притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам</p> <p>ПК-24.2. решает стандартные задачи профессиональной деятельности планирования и обработки экспериментальных данных притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам</p> <p>ПК-24.3. владеет навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе данных особенностей притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам</p>
<b>ПК-26</b>	<p>способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов</p>	<p>ПК-26.1. знает методы моделирования физических, химических и технологических процессов на основе данных притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам</p> <p>ПК-26.2. умеет выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов на основе данных притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам</p> <p>ПК-26.3. владеет навыками выбора и применения методов моделирования физических, химических и технологических процессов на основе данных притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам</p>
<b>ПК-27</b>	<p>способностью осуществлять сбор данных для выполнения работ по проектированию бурения скважин, добычи нефти и газа, промышленному контролю и регулированию извлечения углеводородов на суше и на море, трубопроводному транспорту нефти и газа, подземному хранению газа,</p>	<p>ПК-27.1. особенности сбора данных притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам</p> <p>ПК-27.2. решает стандартные задачи профессиональной деятельности на основе данных притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам</p> <p>ПК-27.3. владеет навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе данных притока пластовых флюидов (жидкостей, газов и их смесей) в горных породах - коллекторах нефти и газа к добывающим нефтяным и газовым скважинам</p>

	хранению и сбыту нефти, нефтепродуктов и сжиженных газов	
--	--	--

## Содержание дисциплины (*модуля*)

### РАЗДЕЛ 1. ЗАКОНЫ ФИЛЬТРАЦИИ НЕФТИ, ГАЗА И ВОДЫ

#### Тема 1. Теория фильтрации

Значение и роль подземной гидромеханики в развитии научных основ разработки нефтяных и газовых месторождений. Содержание и задачи курса. Краткая характеристика панов развития подземной гидромеханики и ее современное состояние.

Теория фильтрации. Определение и особенности процесса фильтрации. Скорость фильтрации и ее связь со средней действительной скоростью движения флюида в пористой среде.

#### Тема 2. Линейный закон фильтрации Дарси

Линейный закон фильтрации Дарси. Коэффициенты фильтрации и проницаемости.

Границы применимости закона Дарси. Обобщенный закон фильтрации Дарси для жидкостей газов и газированных жидкостей.

Нелинейные законы фильтрации. Особенности фильтрации жидкостей и газов в трещиноватых и трещиновато-пористых горных породах.

#### Тема 3. Дифференциальные уравнения фильтрации жидкостей и газов в пористой среде

Дифференциальные уравнения фильтрации жидкостей и газов Уравнение неразрывности (сплошности) фильтрационного потока.

Дифференциальные уравнения движения флюидов в пористой среде. Уравнения состояния жидкостей, газов и пористой среды.

Краевые задачи подземной гидромеханики. Прямые и обратные задачи. Допущения и упрощения, принятые при моделировании процессов, происходящих в пласте.

### РАЗДЕЛ 2. ИЗОТЕРМИЧЕСКАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ФЛЮИДОВ В НЕФТЕГАЗОВЫХ ПЛАСТАХ

#### Тема 4. Понятие о математической модели физического процесса

Вводные замечания. Математическая модель. Закон сохранения массы. Интегральная и дифференциальная формулировка.

#### Тема 5. Математические модели изотермической фильтрации

Закон Дарси – дифференциальное уравнение движения флюида. Замыкающие уравнения. Модели изотермической фильтрации

### РАЗДЕЛ 3. УСТАНОВИВШИЕСЯ И НЕУСТАНОВИВШИЕСЯ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ И ГАЗА В ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

#### Тема 6. Установившаяся фильтрация несжимаемой жидкости

Дифференциальное уравнение установившейся фильтрации несжимаемой жидкости по закону Дарси.

Простейшие фильтрационные потоки. Установившаяся прямолинейно-параллельная фильтрация несжимаемой жидкости в однородном пласте по линейному закону Дарси (приток жидкости к галерее). Плоскорadiaльная установившаяся фильтрация однородной несжимаемой жидкости по закону Дарси в однородном пласте (приток к совершенной скважине). Радиально-

сферическая установившаяся фильтрация несжимаемой жидкости по закону Дарси в однородном пласте.

Установившаяся фильтрация несжимаемой жидкости в неоднородных пластах

Причины и виды неоднородности продуктивных нефтяных и газовых пластов. Установившаяся прямолинейно-параллельная и плоскорадиальная фильтрация несжимаемой жидкости в неоднородных пластах (слоисто- и зонально-неоднородных-). Влияние проницаемости призабойной зоны пласта и ее размеров на дебит скважины.

**Тема 7. Установившееся движение однородной сжимаемой (упругой) жидкости и газа в пористой среде**

Установившееся движение однородной сжимаемой (упругой) жидкости в пористой среде.

Установившаяся фильтрация идеального газа в пористой среде.

Плоскорадиальный фильтрационный поток идеального газа по закону Дарси. Плоскорадиальный фильтрационный поток реального газа по закону Дарси.

Особенности исследования газовых скважин на установившихся режимах.

**Тема 8. Фильтрация неоднородной жидкости**

Установившаяся фильтрация неоднородных жидкостей. Движение смеси нефти и воды, газированной жидкости. Фазовые проницаемости. Установившаяся фильтрация газированной жидкости. Функция Христиановича. Определение дебита скважины. Форма индикаторной диаграммы.

**Тема 9. Неустановившаяся фильтрация упругой жидкости в упругой пористой среде**

Основные положения упругого режима пласта.

Дифференциальное уравнение неустановившейся фильтрации упругой жидкости.

Приток упругой жидкости к точечному стоку (источнику) на плоскости. Основная формула теории упругого режима.

Исследование скважин при неустановившихся режимах фильтрации.

**Тема 10. Неустановившаяся фильтрация газов**

Дифференциальное уравнение нестационарной фильтрации газа.

Линеаризация уравнения Лейбензона. Сведение задачи нестационарной фильтрации газа к задаче фильтрации упругой жидкости.

## **РАЗДЕЛ 4. ТЕОРИЯ ДВУХФАЗНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ НЕСМЕШИВАЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ**

**Тема 11. Одномерные модели вытеснения несмешивающихся жидкостей**

Прямолинейно-параллельное течение. Плоскорадиальное вытеснение. Начальные и граничные условия. Оценка влияния гравитационных и капиллярных сил. Модель Бакли-Левретта.

## **РАЗДЕЛ 5. ОСНОВЫ ТЕОРИИ МНОГОФАЗНЫХ СИСТЕМ**

**Тема 12. Математическая модель многофазной фильтрации**

Практическая важность изучения многофазных течений в пористых средах. Основные характеристики макроскопического описания многофазной фильтрации. Обобщенный закон Дарси.

**Тема 13. Классическая задача Бакли-Левретта**

Одномерные течения несжимаемых жидкостей. Построение задачи Бакли-Левретта.

Практическое применение решения уравнения Бакли-Левретта. Определение фронтальной насыщенности. Определение средней насыщенности в безводный период добычи. Расчет средней насыщенности после прорыва воды. Расчет коэффициента нефтеотдачи.

## **РАЗДЕЛ 6. ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОВЫШЕНИЯ НЕФТЕ-, ГАЗОКОНДЕНСАТООТДАЧИ ПЛАСТОВ**

### **Тема 14. Модели повышения нефтегазоотдачи пластов**

Моделирование процессов фильтрации пластовых флюидов при реализации методов повышения нефтегазоотдачи. Анализ гидродинамических моделей повышения нефтегазоотдачи пластов.

## **РАЗДЕЛ 7. ОСОБЕННОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ НЕНЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ**

### **Тема 15. Реологические модели и нелинейные законы фильтрации**

Классификация неньютоновских жидкостей. Структура течения вязкопластичной жидкости в круглой трубе. Закон фильтрации вязкопластичной жидкости в идеальной пористой среде. Одномерные фильтрационные потоки вязкопластичной жидкости. Влияние неньютоновского поведения нефти на процессе извлечения из пласта.

## **РАЗДЕЛ 8. ДВИЖЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ И ГАЗОВ В ТРЕЩИНОВАТЫХ И ТРЕЩИНОВАТО-ПОРИСТЫХ СРЕДАХ**

### **Тема 16. Особенности фильтрации в трещиноватых и трещиновато-пористых средах**

Законы фильтрации в трещиноватых средах. Зависимость проницаемости от давления в трещиноватых и трещиновато-пористых средах. О перетоке флюида в трещиновато-пористых средах. Вывод дифференциальных уравнений движения жидкости и газа в трещиноватых и трещиновато-пористых средах.

### **Тема 17. Установившиеся и неуставившиеся движения жидкости и газа в трещиноватом и трещиновато-пористом пласте**

Установившаяся одномерная фильтрация жидкости и газа в трещиноватом и трещиновато-пористом пласте. Неуставившееся движение жидкости и газа в трещиноватом и трещиновато-пористом пласте. Вытеснение нефти водой из трещиновато-пористых и неоднородных средах.

## **РАЗДЕЛ 9. МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ ФИЛЬТРАЦИИ ПЛАСТОВЫХ ФЛЮИДОВ**

### **Тема 18. Типы моделей фильтрационных процессов**

Цели и задачи моделирования фильтрационных процессов. Физическое моделирование процессов фильтрации пластовых флюидов. Аналоговое моделирование. Понятие о математическом моделировании и компьютерных моделях пластовых систем.

### **Тема 19. Основы анализа размерностей и теории подобия**

$\pi$ -теорема. Размерность. Анализ размерностей. Теория подобия. Вывод некоторых законов фильтрации с помощью  $\pi$ -теоремы.