

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 15.05.2026 14:09:44
Уникальный программный ключ:
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

Институт экологии

(наименование основного учебного подразделения (ОУП) – разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОВ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ (МУН)

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

05.04.06 ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Математическое моделирование методов увеличения нефтеотдачи (МУН)» входит в программу магистратуры «Методы и технологии снижения углеродного следа в нефтегазовой отрасли» по направлению 05.04.06 «Экология и природопользование» и изучается в 3 семестре 2 курса. Дисциплину реализует Кафедра экологически чистых технологий. Дисциплина состоит из 5 разделов и 5 тем и направлена на изучение математического моделирования методов увеличения нефтеотдачи.

Целью освоения дисциплины является получение знаний, навыков и умений, связанных с современными математическими моделями в области разработки месторождений углеводородов, а также получение навыков самостоятельной постановки и решения задач в данной области, востребованных в профессиональной деятельности: анализе данных, применении и развитии математических моделей и алгоритмов, проведении расчетов, понимании возможностей и ограничений научно-инженерных инструментов, в том числе программного обеспечения.

Задачами освоения дисциплины являются:

- углубленное знакомство с геолого-физическими и технологическими процессами, связанными с разработкой месторождений углеводородов и применением методов повышения нефтеотдачи пластов;
- развитие представлений о прикладных задачах в области разработки месторождений нефти и газа и повышения нефтеотдачи, включая закачку в пласт парниковых газов;
- освоение некоторых современных математических моделей и методов решения прикладных задач разработки месторождений углеводородов;
- развитие навыков выбора и применения математической модели с учетом специфики поставленной задачи, ограничений временных и вычислительных ресурсов.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Математическое моделирование методов увеличения нефтеотдачи (МУН)» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ПК-4	Способен применять полученные знания для разработки и реализации проектов различных процессов производственной деятельности, применять методику проектирования	ПК-4.1 Знает правила и методики проектирования в области добычи нефти и газа и охраны окружающей среды; нормативные документы и методики основных расчетов с использованием компьютерных программ; ПК-4.2 Умеет применять современные достижения информационно-коммуникационных технологий в сфере разработки месторождений и снижения углеродного следа при добыче нефти и газа; применять современные энергосберегающие технологии; ПК-4.3 Владеет методами проектирования в области разработки месторождений и применения технологий снижения углеродного следа; навыками и опытом составления проектов;
ПК-7	Способен использовать профессиональные программные комплексы в области математического и физического моделирования технологических процессов и объектов	ПК-7.1 Знает основные профессиональные программные комплексы в области математического моделирования технологических процессов и объектов при разработке месторождений и применении методов и технологий снижения углеродного следа; ПК-7.2 Умеет разрабатывать физические, математические и компьютерные модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к процессам разработки месторождений и снижению углеродного следа нефтегазовых производств; применять на практике

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
		методы математического и физического моделирования технологических процессов и объектов разработки месторождений и снижения углеродного следа нефтегазовых производств; ПК-7.3 Владеет навыками работы с пакетами программ, позволяющих проводить математическое моделирование основных технологических процессов в нефтегазодобыче и при снижении выбросов нефтегазовых производств; навыками использования технологий, применяемых при разработке месторождений и полезном использовании парниковых газов;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Математическое моделирование методов увеличения нефтеотдачи (МУН)» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Математическое моделирование методов увеличения нефтеотдачи (МУН)».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ПК-4	Способен применять полученные знания для разработки и реализации проектов различных процессов производственной деятельности, применять методику проектирования	Научно-исследовательская работа; Производственная практика; Проектирование разработки нефтяных месторождений; Физика нефтегазового пласта; Геологические, технологические и экономические особенности разработки залежей углеводородов; Актуальные проблемы разработки месторождений углеводородов; Гидродинамический и промыслово-геофизический контроль эксплуатации залежей углеводородов**; Методы исследования и моделирования фазового поведения и свойств пластовых флюидов**;	Преддипломная практика; Рациональное использование парниковых газов для повышения нефтеотдачи пластов и интенсификации добычи нефти;
ПК-7	Способен использовать профессиональные программные комплексы в области математического и физического моделирования технологических процессов и объектов	Гидродинамический и промыслово-геофизический контроль эксплуатации залежей углеводородов**; Методы исследования и моделирования фазового поведения и свойств пластовых флюидов**; Физика нефтегазового пласта; Научно-исследовательская работа; Производственная практика;	Преддипломная практика;

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование методов увеличения нефтеотдачи (МУН)» составляет «2» зачетные единицы
Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			3
<i>Контактная работа, ак.ч</i>	36		36
Лекции (ЛК)	18		18
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	18		18
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	27		27
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	9		9
Общая трудоемкость дисциплины ак.ч.	ак.ч.	72	72
	зач.ед.	2	2

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы*

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Однофазная фильтрация и многофазная фильтрация	1.1 Законы сохранения. Уравнение неразрывности для одно- и многофазной фильтрации. Закон Дарси, обобщенный закон Дарси. Нелинейные законы фильтрации. Абсолютная и эффективная проницаемость, открытая и эффективная пористость. Модели однофазной фильтрации. Модели двухфазной фильтрации. Стационарная однофазная фильтрация. Профили распределения давления и градиента давления при плоскопараллельном и плоскорадиальном потоке. Нестационарная однофазная фильтрация. Уравнение пьезопроводности. Уравнение Бакли-Левверетта.	Законы сохранения. Уравнение неразрывности для одно- и многофазной фильтрации. Закон Дарси, обобщенный закон Дарси. Нелинейные законы фильтрации. Абсолютная и эффективная проницаемость, открытая и эффективная пористость. Модели однофазной фильтрации. Модели двухфазной фильтрации. Стационарная однофазная фильтрация. Профили распределения давления и градиента давления при плоскопараллельном и плоскорадиальном потоке. Нестационарная однофазная фильтрация. Уравнение пьезопроводности. Уравнение Бакли-Левверетта.	ЛК
Раздел 2	Математические модели разработки залежей нефти и газа в трещинно-поровых коллекторах	2.1 Физическая модель двухфазной фильтрации: роль капиллярных сил. Гистерезис капиллярного давления. Функция Левверетта. Капиллярное число. Роль капиллярных эффектов в формировании залежи и процессах фильтрации. Задача капиллярно-гравитационного равновесия. Уравнение Раппопорта-Лиса. Учет капиллярного давления при	Физическая модель двухфазной фильтрации: роль капиллярных сил. Гистерезис капиллярного давления. Функция Левверетта. Капиллярное число. Роль капиллярных эффектов в формировании залежи и процессах фильтрации. Задача капиллярно-гравитационного равновесия. Уравнение Раппопорта-Лиса. Учет капиллярного давления при моделировании и анализе лабораторных и промысловых процессов.	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы*
			моделировании и анализе лабораторных и промысловых процессов.	
Раздел 3	Особенности многокомпонентного моделирования процессов разработки месторождений нефти и газа	3.1 Особенности строения и свойств карбонатных и терригенных трещинно-поровых коллекторов. Физические механизмы добычи нефти и газа из матрицы: истощение, капиллярная пропитка, гравитационное дренирование. Модель двойной среды Баренблатта-Желтова-Кочиной. Обобщенная многофазная модель двойной среды. Модели дискретной сети трещин. Функция обмена. Многофазная функция обмена и функция пропитки. Модели двойной пористости/двойной проницаемости. Модели множественных вложенных сред.	Особенности строения и свойств карбонатных и терригенных трещинно-поровых коллекторов. Физические механизмы добычи нефти и газа из матрицы: истощение, капиллярная пропитка, гравитационное дренирование. Модель двойной среды Баренблатта-Желтова-Кочиной. Обобщенная многофазная модель двойной среды. Модели дискретной сети трещин. Функция обмена. Многофазная функция обмена и функция пропитки. Модели двойной пористости/двойной проницаемости. Модели множественных вложенных сред.	ЛК, СЗ
Раздел 4	Моделирование физико-химических МУН	4.1 Модели многофазной (трехфазной) фильтрации: модель нелетучей нефти (black oil) и многокомпонентная (композиционная) модель. Уравнения состояния. Энергия Гиббса. Химический потенциал. Летучесть. Правило фаз Гиббса. Условия фазового равновесия. Коэффициенты распределения. Моделирование газовых МУН, смешивающееся вытеснение.	Модели многофазной (трехфазной) фильтрации: модель нелетучей нефти (black oil) и многокомпонентная (композиционная) модель. Уравнения состояния. Энергия Гиббса. Химический потенциал. Летучесть. Правило фаз Гиббса. Условия фазового равновесия. Коэффициенты распределения. Моделирование газовых МУН, смешивающееся вытеснение. Модель многофазной многокомпонентной фильтрации. Уравнения сохранения и замыкающие соотношения. Методы решения задачи фазового равновесия. Неравновесное моделирование.	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы	Содержание темы	Вид учебной работы*
		<p>Модель многофазной многокомпонентной фильтрации. Уравнения сохранения и замыкающие соотношения. Методы решения задачи фазового равновесия. Неравновесное моделирование.</p>		
Раздел 5	Моделирование тепловых МУН	<p>5.1 Механизмы воздействия при реализации МУН. Модели МУН: полимерное заводнение, химическое заводнение, заводнение низкоминерализованной водой. Модели МУН: уравнения фильтрации с активными примесями. Моделирование тепловых МУН. Уравнение энергии. Замыкающие соотношения. Задание исходных данных для моделей МУН.</p>	<p>Механизмы воздействия при реализации МУН. Модели МУН: полимерное заводнение, химическое заводнение, заводнение низкоминерализованной водой. Модели МУН: уравнения фильтрации с активными примесями. Моделирование тепловых МУН. Уравнение энергии. Замыкающие соотношения. Задание исходных данных для моделей МУН.</p>	ЛК, СЗ

* - заполняется только по ОЧНОЙ форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Халид, Азиз Математическое моделирование пластовых систем / Азиз Халид, Сеттари Энтонин ; перевод А. В. Королев, В. П. Кестнер ; под редакцией М. М. Максимова. — 2-е изд. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 411 с. — ISBN 978-5-4344-0602-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92050.html> (дата обращения: 14.02.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Каневская, Р. Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов / Р. Д. Каневская. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 128 с. — ISBN 978-5-4344-0797-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92049.html> (дата обращения: 17.02.2024). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

3. Подземная гидромеханика / К. С. Басниев, Н. М. Дмитриев, Р. Д. Каневская, В. М. Максимов. — 2-е изд. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 488 с. — ISBN 978-5-4344-0605-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91980.html> (дата обращения: 27.03.2024). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Дополнительная литература:

1. Баренблатт Г.И., Ентов В.М., Рыжик В.М. Движение жидкостей и газов в природных пластах. — М.: Недра, 1984. — 208 с

2. Брусиловский А.И. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа. — М.: Грааль, 2002. — 575 с.

3. Ertekin T., Abou-Kassem J.H., King G.R. Basic applied reservoir simulation. — Soc. Petr. Eng., Richardson, Texas, 2001. — 406 p.

4. Щелкачев В.Н. Основы и приложения теории неустановившейся фильтрации. М. 1995, 586 с.

5. Lake L.W. Enhanced Oil Recovery, Prentice hall, 1989, 504 p.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН <https://mega.rudn.ru/MegaPro/Web>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru
- ЭБС «Знаниум» <https://znanium.ru/>

2. Базы данных и поисковые системы

- электронные базы публикаций eLibrary (<http://elibrary.ru>), ResearchGate (<http://researchgate.net>)
- Sage <https://journals.sagepub.com/>
- Springer Nature Link <https://link.springer.com/>
- Wiley Journal Database <https://onlinelibrary.wiley.com/>
- Научометрическая база данных Lens.org <https://www.lens.org>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Математическое моделирование методов увеличения нефтеотдачи (МУН)».
2. Исходные данные (тестовые модели) для выполнения домашних заданий.
3. Вопросы для подготовки к экзамену.

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП

Заведующий кафедрой

Должность

РАЗРАБОТЧИКИ

Должность

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО

Профессор кафедры ЭЧТ

Должность

Индрупский Илья Михайлович [Б]
профессор, д.н.,

Фамилия И.О

Индрупский И.М.

Фамилия И.О

Индрупский И.М.

Фамилия И.О