

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ГНФ

Ф.Н. Янгиров

(подпись)

29.06.2023

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

(46453) Улавливание, транспортировка, особенности строительства и закачки газа

Направление подготовки (специальность): **05.04.01 Геология**

Направленность: **магистерская программа «Геологическое обеспечение и мониторинг технологий утилизации, хранения и ресурсосбережения углеродных газов»**

Уровень высшего образования: **магистратура**

Форма обучения: **очная;**

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: **Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений (Геологии);**

Трудоемкость дисциплины: **3 з.е. (108час)**

Уфа 2023

Рабочую программу дисциплины разработал(и):

_____ к.т.н. Овчинников К.Н.

Рецензент

_____ д.т.н., профессор Котенев Ю.А.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений (Геологии);, обеспечивающей преподавание дисциплины 21.01.2022, протокол №6.

Заведующий кафедрой

Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений (Геологии)_____Ю.А. Котенёв

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой Геологии_____Ю.А. Котенёв

Год приема 2023 г.

Рабочая программа зарегистрирована 14.02.2022 № 2 в ОПЛА и внесена в электронную базу данных

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины, предшествующие изучению данной дисциплины (исходя из формирования этапов по компетенциям): Сейсморазведочные исследования в нефтегазовой геологии

Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее (исходя из формирования этапов по компетенциям): Контроль за заводнением нефтегазовых месторождений методами промысловой геофизики; Научно-исследовательская работа; Основы недропользования; Поиски и разведка месторождений углеводородов на шельфе и акваториях морей; Экологический мониторинг подземных хранилищ газа; Экономика проектов утилизации и хранения газа

Блок: Блок 1. Дисциплины (модули);

Обязательная или часть, формируемая участниками образовательных отношений (в том числе элективные дисциплины): Часть, формируемая участниками образовательных отношений;

Форма обучения: очная

Семестр, в котором преподается дисциплина	Трудоемкость дисциплины				Вид промежу- точной аттестации
	Зачет- ные едини- цы	Часы			
		Общая	В том числе		
			контакт- ная	СРО	
3	3	108	36	72	экзамен;
ИТОГО:	3	108	36	72	

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

№ пп.	Формируемые компетенции	Шифр/ индекс компетен- ции
1	Способен оценивать технические характеристики и возможности организации подземных хранилищ газа	ПК-3-2

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Шифр компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Шифр результата обучения	Результат обучения
ПК-3	ПК-3.2 Разрабатывает технико-экономические условия, критерии создания и эксплуатации подземных хранилищ газа	3(ПК-3)	Знать: Базовую информацию по существующим и перспективным технологиям улавливания CO ₂

Шифр компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Шифр результата обучения	Результат обучения
			Различные методы транспортировки CO₂ наземным и морским транспортом Цели и методы закачки CO₂ в геологические формации, а также методы мониторинга для геологических хранилищ CO₂ Конструкция скважин для закачки CO₂ 19 НКТ и обсадная колонна 20 Цементирование 21 Пакер 22 Требования к дизайну скважин для закачки CO₂ 22 Внутренняя механическая целостность 23 Внешняя механическая целостность 24
		У(ПК-3)	Уметь: Уметь оперировать основными технологическими трендами в Улавливании, Транспортировке и Закачке CO₂
		В(ПК-3)	Владеть: Владеть материалом, изложенным в методичке. Оценивать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований

3. Структура дисциплины

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость (всего и по семестрам, в часах)

Форма обучения: очная

Вид учебной работы	Всего и по семестрам , часы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Контактная работа, всего в том числе:	36			36									
лекции (всего)	8			8									
-в т.ч. лекции on-line курс	0												
практические занятия (ПЗ)	22			22									
-в т.ч. практические занятия on-line курс	0												
лабораторные работы (ЛР)	0												
контролируемая самостоятельная работа (защита курсового проекта, курсовой работы и др. работ (при наличии))	0												
-в т.ч. лабораторные работы on-line курс	0												
иная контактная работа (сдача зачета, экзамена, консультации)	6			6									
проектная деятельность (ПД)	0												
Самостоятельная работа обучающихся (СРО), всего в том числе: (указать конкретный вид СРО)	72			72									
выполнение и подготовка к защите курсового проекта или курсовой работы	0												
выполнение и подготовка к защите РГР работы, реферата, патентных исследований, аналитических исследований и т.п	9			9									
изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	40			40									
подготовка к лабораторным и/или практическим занятиям	0												
подготовка к сдаче зачета, экзамена	23			23									
иные виды работ обучающегося (при наличии)	0												
освоение on-line курса	0												
самостоятельная проектная деятельность (СПД)	0												
ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	108			108									

4. Содержание дисциплины

4.1. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий (в часах)

Форма обучения: очная

(раздела)Номер темы	Название темы (раздела)	Семестр	Трудоемкость, часы					Шифр результата обучения
			Л	ПЗ	ЛР	СРО	Всего	
1	Улавливание CO ₂	3	4	8		22	34	З(ПК-3) У(ПК-3) В(ПК-3)
2	Транспортировка CO ₂	3	2	8		26	36	З(ПК-3) У(ПК-3) В(ПК-3)
3	Закачка CO ₂ и особенности конструкции скважин	3	2	6		24	32	З(ПК-3) У(ПК-3) В(ПК-3)
	ИТОГО:		8	22		72	102	

4.2. Содержание лекционного курса

№ пп.	Номер раздела	Название темы	Трудоемкость, часы		
			очная	очно-заочная	заочная
1	1-Улавливание CO ₂	Система улавливания и сжатия. Рамки системы включают улавливание, сжатие и, если необходимо, доведение до необходимого для транспортировки состояния Улавливание после сжигания Улавливание перед сжиганием Кислородо-топливное сжигание Улавливание после сжигания: CO₂ может быть отделен от дымовых га-	4		

		зов сжигательных установок или из от потоков природного газа и подан на устройства сжатия и дегидратации для достижения относительной чистоты и сухости потока CO₂ в транспортной системе. Эти системы обычно используют для CO₂ жидкий раствор. • Улавливание перед сжиганием: включает взаимодействие топлива с кислородом или воздухом и/или паром для получения «синтез-газа» или «топливного газа», состоящего в основном из монооксида углерода и водорода. Монооксид углерода взаимодействует с паром в каталитическом реакторе, называемом «конвертер сдвига», в результате получается CO₂ и некоторое количество водорода. Далее CO₂ отделяется от смеси газов, обычно, при помощи процесса химической или физической абсорбции, что дает в результате богатое водородом топливо, которое можно использовать многими способами, например, в бойлерах, топках, газовых турбинах и топливных элементах. Эта технология широко используется при производстве во-			
--	--	---	--	--	--

		дорода, который используется в основном при производстве аммиака и удобрений, а также в операциях по переработке нефти. • Кислородотопливное улавливание: При кислородном сжигании топлива, почти чистый кислород используется при сжигании вместо воздуха, что дает в результате отходящий газ, состоящий в основном из CO₂ и H₂O. Поток отходящего газа может быть прямо направлен в блоки сжатия и дегидратации CO₂. Эта технология находится на стадии демонстрации.			
2	2-Транспортировка CO ₂	Транспортировка трубопроводным транспортом Транспортировка морским транспортом Оборудование для транспортировки Транспортировка трубопроводным транспортом Транспортировка морским транспортом Оборудование для транспортировки и промежуточного хранения Коэффициенты потерь при транспортировке	2		
3	3-Закачка CO ₂ и особенности конструкции скважин	Цели закачки CO₂ в пласт Оборудование для закачки CO₂-особенности	2		

		конструкции скважин для закачки CO₂ Технологии геологического мониторинга хранилища CO₂ Цели закачки CO ₂ в пласт Оборудование для закачки CO ₂ Особенности конструкции скважин для закачки CO ₂ Технологии геологического мониторинга хранилища CO ₂			
	-	ИТОГО:	8		

4.4. Перечень практических занятий

Номер раздела	№ ПЗ	Тема практического занятия	Трудоемкость, часы		
			очная	очно-заочная	заочная
1-Улавливание CO ₂	1	Технологии улавливания CO₂ Обзор литературы по технологиям улавливания CO ₂	8		
2-Транспортировка CO ₂	2	Транспортировка CO₂ Обзор литературы по методам транспортировки CO ₂	8		
3-Закачка CO ₂ и особенности конструкции скважин	3	Закачка и особенности конструкции скважин Обзор литературы по закачке и особенностям конструкции скважин	6		
-		ИТОГО:	22		

4.5. Виды СРО

Номер раздела	Вид СРО	Трудоемкость, часы		
		очная	очно-заочная	заочная
1-Улавливание CO ₂	подготовка к сдаче зачета, экзамена	7		
1-Улавливание CO ₂	изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	13		
1-Улавливание CO ₂	выполнение и подготовка к защите РГР работы, реферата, патентных исследований, аналитических исследований и т.п	2		
2-Транспортировка CO ₂	подготовка к сдаче зачета, экзамена	8		
2-Транспортировка CO ₂	изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	13		
2-Транспортировка CO ₂	выполнение и подготовка к защите РГР работы, реферата, патентных исследований, аналитических исследований и т.п	5		
3-Закачка CO ₂ и особенности конструкции скважин	подготовка к сдаче зачета, экзамена	8		
3-Закачка CO ₂ и особенности конструкции скважин	изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку	14		
3-Закачка CO ₂ и особенности конструкции скважин	выполнение и подготовка к защите РГР работы, реферата, патентных исследований, аналитических исследований	2		

	ний и т.п			
-	ИТОГО:	72		

Темы для самостоятельной работы обучающихся

Раздел 1. Улавливание CO₂

Основные технологии улавливания CO₂

Раздел 2. Транспортировка CO₂

Основные технологии транспортировки CO₂

Раздел 3. Закачка CO₂ и особенности конструкции скважин

Изучение методов и оборудования для закачки CO₂, особенности конструкции скважин

5. Формы текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации

Перечень оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине приведен Фонде оценочных средств (приложение Б).

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Сведения об обеспеченности дисциплины основной, дополнительной и учебно-методической литературой приведены в формах № 1-УЛ и № 2-УЛ (приложение А).

6.2. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, рекомендуемых для освоения дисциплины

Названия современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, рекомендуемых для освоения дисциплины	Ссылки на официальные сайты
web-портал кафедры "Геология и разведка НГМ"	http://geology.rusoil.net/
Библиотека Академии наук	http://www.rasl.ru/
Научная библиотека МГУ имени М.В. Ломоносова	http://nbmgu.ru/
Технологии GeoGlobe для студентов и магистрантов (Учебные пособия, Учебно-методические пособия, Презентации, Видеоматериалы, Экзамены)	www.geoglobestud.blogspot.ru
Электронная библиотека УГНТУ	http://www.bibl.rusoil.net

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

7.1. Перечень специальных аудиторий, кабинетов, лабораторий и пр., используемых при реализации дисциплины с перечнем основного оборудования

№ пп.	Номер помещения	Оснащенность помещения (перечень основного оборудования)	Наименование помещения
1	5-110	ЖК-телевизор Samsung UE78HU9000T(1);Монитор HP L1940 TLCD(1);Монитор HPL 1940 TLCD(3);Монитор HPL 1940TLCD(2);Монитор HPL1940TLCD(1);Монитор HP L1940 TLCD(2);Монитор HP L1940TL CD(1);Монитор HPL 1940TL CD(1);Монитор HPL1940 TLCD(1);Системный блок i7-4770(1);Станция рабочая HPxw4400(3);Цифровая IP-камера D-Link DCS-2310L(2);Доступ к электронной информационно-образовательной среде (Корпоративная информационная система УГНТУ); Доступ в интернет;	Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.
2	5-110	ЖК-телевизор Samsung UE78HU9000T(1);Монитор HP L1940 TLCD(1);Монитор HPL 1940 TLCD(3);Монитор HPL 1940TLCD(2);Монитор HPL1940TLCD(1);Монитор HP L1940 TLCD(2);Монитор HP L1940TL CD(1);Монитор HPL 1940TL CD(1);Монитор HPL1940 TLCD(1);Системный блок i7-4770(1);Станция рабочая HPxw4400(3);Цифровая IP-камера D-Link DCS-2310L(2);Стол, стулья	Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения.
3	5-110	ЖК-телевизор Samsung UE78HU9000T(1);Монитор HP L1940 TLCD(1);Монитор HPL 1940 TLCD(3);Монитор HPL 1940TLCD(2);Монитор HPL1940TLCD(1);Монитор HP L1940 TLCD(2);Монитор HP L1940TL CD(1);Монитор HPL 1940TL CD(1);Монитор HPL1940 TLCD(1);Системный блок i7-4770(1);Станция рабочая HPxw4400(3);Цифровая IP-камера D-Link DCS-2310L(2);Стол, стулья	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения.
4	5-110	ЖК-телевизор Samsung UE78HU9000T(1);Монитор HP L1940 TLCD(1);Монитор HPL 1940 TLCD(3);Монитор HPL 1940TLCD(2);Монитор HPL1940TLCD(1);Монитор HP L1940 TLCD(2);Монитор HP L1940TL CD(1);Монитор HPL 1940TL CD(1);Монитор HPL1940 TLCD(1);Системный блок i7-4770(1);Станция рабочая HPxw4400(3);Цифровая IP-камера D-Link DCS-2310L(2);Стол, стулья	Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций
5	5-141	Планшет информационный 12	Учебная аудитория для

7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, используемых в учебном процессе при освоении дисциплины

№ пп.	Наименование ПО	Лицензионная чистота (реквизиты лицензии, свидетельства о гос. регистрации и т.п., срок действия)
1	Microsoft Office	Дата выдачи лицензии 01.01.2007
2	Антивирус Kaspersky	Дата выдачи лицензии 27.10.2010

8. Организация обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья, обучающихся по данной образовательной программе, разрабатывается индивидуальная программа освоения дисциплины с учетом особенностей их психофизического развития, их индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

Приложение А

Форма № УЛ-1

СВЕДЕНИЯ

об обеспеченности дисциплины основной и дополнительной учебной литературой

Наименование дисциплины: (46453)(46453)Улавливание, транспортировка, особенности строительства и закачки газа

Направление подготовки (специальность): 05.04.01 Геология

Направленность: магистерская программа «Геологическое обеспечение и мониторинг технологий утилизации, хранения и ресурсосбережения углеродных газов»

Форма обучения: очная;

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений (Геологии);

Тип	Назначение учебных изданий	Семестр			Библиографическое описание	Кол-во экз.	Адрес нахождения электронного	Коэффициент
		очная	очно-заочная	заочная				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Основная литература	Для выполнения СРО; Для изучения теории;	3			Ладенко, А. А. Теоретические основы разработки нефтяных и газовых месторождений : учебное пособие / А. А. Ладенко, О. В. Савенок. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. - 244 с. - ISBN 978-5-9729-0445-7. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1168610 (дата обращения: 19.10.2022). – Режим доступа: по подписке.	1	http://www.znanium.com	1.00

Дополнительная литература	Для выполнения СРО; Для изучения теории;	3			Тетельмин, В. В. Нефтегазовое дело. Полный курс. В двух томах. Том 1 : учебник / В. В. Тетельмин. - 2-е изд. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 416 с. - ISBN 978-5-9729-0556-0. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1835952 (дата обращения: 19.10.2022). – Режим доступа: по подписке.	1	http://www.znanium.com	1.00
Дополнительная литература	Для выполнения СРО; Для изучения теории;	3			Юшков, И. Р. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений : учебно-методическое пособие / И. Р. Юшков, Г. П. Хижняк, П. Ю. Илюшин. — Пермь : ПНИПУ, 2013. — 176 с. — ISBN 978-5-398-00995-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160768 (дата обращения: 19.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	1	http://www.e.lanbook.com	1.00

Дополнительная литература	Для выполнения СРО; Для изучения теории;	3			Сбор, транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа : учебное пособие / Н. Ю. Башкирцева, Р. Р. Рахматуллин, Р. Р. Мингазов, А. А. Мухаметзянова. — Казань : КНИТУ, 2016. — 132 с. — ISBN 978-5-7882-2107-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/101894 (дата обращения: 19.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	1	http://www.e.lanbook.com	1.00
Примечание – Графы 1-5,8 заполняются кафедрой, графы 7 и 9 - библиотекой								

Составил:

к.т.н. Овчинников К.Н.

Год приема 2023 г.

СВЕДЕНИЯ**об обеспеченности дисциплины учебно-методическими изданиями**

Наименование дисциплины: (46453)(46453)Улавливание, транспортировка, особенности строительства и закачки газа

Направление подготовки (специальность): 05.04.01 Геология

Направленность магистерская программа«Геологическое обеспечение и мониторинг технологий утилизации, хранения и ресурсосбережения углеродных газов»

Форма обучения очная;

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений (Геологии);

Назначение учебных изданий	Семестр			Библиографическое описание	Кол-во экз.		Адрес нахождения электронного	Кoeffициент
	очная	очно-заочная	заочная		Всего	в том числе		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Для выполнения СРО;Для выполнения практических занятий;Для изучения теории;	3			Создание подземных хранилищ газа в истощенных нефтегазовых объектах : учебно-методическое пособие к выполнению курсового проекта, СРО, практической работы, выполнения контрольной работы для магистров направления подготовки 05.04.01 "Геология" / УГНТУ, каф. Геологии ; сост.: К. Н. Овчинников, Ю. А. Котенев. - Уфа : УГНТУ, 2022. - 1,43 Мб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/Geologiya/Ovchinnikov14992.pdf . - Текст : электронный.	1	0	http://bibl.rusoil.net	1.00
---	---	--	--	---	---	---	---	------

Для выполнения СРО; Для выполнения практических занятий;	3			Технологии хранения, утилизации, а также поиска и разведки подземных хранилищ углеродных газов : учебно-методическое пособие к практическим занятиям и для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине "Поиск и разведка объектов для создания подземных хранилищ газа" / УГНТУ, каф. Геологии ; сост.: А. С. Душин, К. К. Тимергазин. - Уфа : УГНТУ, 2022. - 948 Кб. - URL: http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/Geologya/Dushin15430.pdf . - Текст : электронный	1	0	http://bibl.rusoil.net	1.00
Примечание – Графы 1-5,8 заполняются кафедрой, графы 6,7 и 9 - библиотекой								

Составил:

_____ к.т.н. Овчинников К.Н.

Год приема 2023 г.

Приложение Б

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ГНФ

_____ Ф.Н. Янгиров

29.06.2023

**Фонд оценочных средств по текущей успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине
(46453) Улавливание, транспортировка, особенности строительства и закачки газа**

Направление подготовки (специальность): 05.04.01 Геология

Направленность: магистерская программа «Геологическое обеспечение и мониторинг технологий утилизации, хранения и ресурсосбережения углеводородных газов»

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная;

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений (Геологии);

Трудоемкость дисциплины: 3 з.е. (108час)

Уфа 2023

ФОС по текущей успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине разработал (и):

_____ к.т.н. Овчинников К.Н.

—
Рецензент

_____ д.т.н., профессор Котенев Ю.А.

—
ФОС по текущей успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине рассмотрен и одобрен на заседании кафедры Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений (Геологии);, обеспечивающей преподавание дисциплины 21.01.2022, протокол №6.

Заведующий кафедрой Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений (Геологии); _____ Ю.А. Котенёв

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой Геологии _____ Ю.А. Котенёв

Год приема 2023 г.

ФОС по текущей успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине
зарегистрирован 14.02.2022 № 2 в отделе МСОП и внесен в электронную базу данных

1. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Шифр результата обучения	Результат обучения	Индикатор достижения компетенций	Показатели достижения результатов освоения компетенций	Вид оценочного средства
1	Улавливание CO ₂	В(ПК-3)	Базовую информацию по существующим и перспективным технологиям улавливания CO ₂ Различные методы транспортировки CO ₂ наземным и морским транспортом Цели и методы закачки CO ₂ в геологические формации, а также методы мониторинга для геологических хранилищ CO ₂	ПК-3.2 Разрабатывает технико-экономические условия, критерии создания и эксплуатации подземных хранилищ газа	1) Понимание 3 основных технологий улавливания CO ₂ 2) Оценка их эффективности 3) Основные источники выбросов CO ₂ на производстве	Доклад, сообщение Письменный и устный опрос Тест
		З(ПК-3)	Конструкция скважин для закачки CO ₂ 19 НКТ и обсадная колонна 20	ПК-3.2 Разрабатывает технико-экономические условия, критерии создания и эксплуатации подземных хранилищ газа	1) Понимание 3 основных технологий улавливания CO ₂ 2) Оценка их эффективности 3) Основные источники выбросов CO ₂ на производстве	Доклад, сообщение Письменный и устный опрос Тест
		У(ПК-3)	Цементирование 21 Пакер 22 Требования к дизайну скважин для закачки CO ₂ 22 Внутренняя механическая целостность 23 Внешняя механическая целостность 24	ПК-3.2 Разрабатывает технико-экономические условия, критерии создания и эксплуатации подземных хранилищ газа	1) Понимание 3 основных технологий улавливания CO ₂ 2) Оценка их эффективности 3) Основные источники выбросов CO ₂ на производстве	Доклад, сообщение Письменный и устный опрос Тест
4	Транспортировка CO ₂	В(ПК-3)		ПК-3.2 Разрабатывает технико-экономические условия, критерии создания и эксплуатации подземных хранилищ газа	1) Понимание 3 основных технологий улавливания CO ₂ 2) Оценка их эффективности 3) Основные источники выбросов CO ₂ на производстве	Письменный и устный опрос Тест

7	Закачка CO ₂ и особенности конструкции скважин		условия, критерии создания и эксплуатации подземных хранилищ газа	ливания CO ₂ 2) Оценка их эффективности 3) Основные источники выбросов CO ₂ на производстве	устный опрос Тест
		З(ПК-3)	ПК-3.2 Разрабатывает технико-экономические условия, критерии создания и эксплуатации подземных хранилищ газа	1) Понимание 3 основных технологий улавливания CO ₂ 2) Оценка их эффективности 3) Основные источники выбросов CO ₂ на производстве	Письменный и устный опрос Тест
		У(ПК-3)	ПК-3.2 Разрабатывает технико-экономические условия, критерии создания и эксплуатации подземных хранилищ газа	1) Понимание 3 основных технологий улавливания CO ₂ 2) Оценка их эффективности 3) Основные источники выбросов CO ₂ на производстве	Письменный и устный опрос Тест
		В(ПК-3)	ПК-3.2 Разрабатывает технико-экономические условия, критерии создания и эксплуатации подземных хранилищ газа	1) Понимание 3 основных технологий улавливания CO ₂ 2) Оценка их эффективности 3) Основные источники выбросов CO ₂ на производстве	Письменный и устный опрос Тест
		З(ПК-3)	ПК-3.2 Разрабатывает технико-экономические условия, критерии создания и эксплуатации подземных хранилищ газа	1) Понимание 3 основных технологий улавливания CO ₂ 2) Оценка их эффективности 3) Основные источники выбросов CO ₂ на производстве	Письменный и устный опрос Тест
		У(ПК-3)	ПК-3.2 Разрабатывает технико-экономические условия, критерии создания и эксплуатации подземных хранилищ газа	1) Понимание 3 основных технологий улавливания CO ₂ 2) Оценка их эффективности 3) Основные источники выбросов CO ₂ на производстве	Письменный и устный опрос Тест

				условия, критерии создания и эксплуатации подземных хранилищ газа	ливания CO ₂ 2) Оценка их эффективности 3) Основные источники выбросов CO ₂ на производстве	устный опрос Тест
--	--	--	--	---	---	----------------------

2. Перечень оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

п/п	Вид оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде	Шкала оценки
1	2	3	4	5
1	Доклад, сообщение	Продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.	Темы докладов, сообщений.	оценка « <i>отлично</i> » выставляется обучающемуся, если Полное владение материалом, изложенным в учебно-методическом пособии оценка « <i>хорошо</i> » выставляется обучающемуся, если Уверенное владение материалом, изложенным в учебно-методическом пособии. Усвоены все основные концепции оценка « <i>удовлетворительно</i> » выставляется обучающемуся, если Усвоены ключевые концепции, изложенные в учебно-методическом пособии оценка « <i>неудовлетворительно</i> » выставляется обучающемуся, если Учащийся не владеет материалом и не может ответить на вопросы « <i>зачтено</i> » выставляется обучающемуся, если соответствует оценкам: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно" « <i>незачтено</i> » выставляется обучающемуся, если «незачтено» выставляется обучающемуся, если соответствует оценке "неудовлетворительно"
2	Письменный и устный опрос	Оценочное средство для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Позволяет выявить и восполнить пробелы в знаниях; повторить, закрепить, систематизировать материал; оценить знания, умения, теоретические и практические навыки; определить уровень сформированных у студентов компетенций по дисциплине	Совокупность вопросов, заданий, упражнений, тестов для выполнения контрольных работ, домашних заданий, РГР и иных учебных работ. Комплект билетов для текущей и промежуточной аттестации	оценка « <i>отлично</i> » выставляется обучающемуся, если студент показывает в письменных и в устных ответах глубокое и всестороннее знание предмета, рекомендованной литературы, аргументировано и логически стройно излагает материал, свободно применяет теоретические положения при анализе процессов и явлений, связывает их с задачами будущей профессиональной деятельности, использует средства наглядности оценка « <i>хорошо</i> » выставляется обучающемуся, если Студент показывает в ходе письменного и устного опроса глубокое знание предмета, рекомендованной литературы, аргументировано и логически стройно излагает материал, применяет теоретические положения при анализе процессов и явлений, допускает небольшие неточности в ответах на поставленные вопросы

		плине (модулю)		оценка «<i>удовлетворительно</i>» выставляется обучающемуся, если Студент в основном знает предмет, рекомендованную литературу, однако в ответах в ходе письменного и устного опроса допускает неточности и недостаточное умение аргументированно излагать материал по предложенной теме оценка «<i>неудовлетворительно</i>» выставляется обучающемуся, если студент не усвоил основного содержания дисциплины, не может письменно или устно ответить на вопросы по предложенной теме «<i>зачтено</i>» выставляется обучающемуся, если соответствует оценкам: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно" «<i>незачтено</i>» выставляется обучающемуся, если «незачтено» выставляется обучающемуся, если соответствует оценке "неудовлетворительно"
3	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий.	оценка «<i>отлично</i>» выставляется обучающемуся, если Полное владение материалом, изложенным в учебно-методическом пособии оценка «<i>хорошо</i>» выставляется обучающемуся, если Уверенное владение материалом, изложенным в учебно-методическом пособии. Усвоены все основные концепции оценка «<i>удовлетворительно</i>» выставляется обучающемуся, если Усвоены ключевые концепции, изложенные в учебно-методическом пособии оценка «<i>неудовлетворительно</i>» выставляется обучающемуся, если Учащийся не владеет материалом и не может ответить на вопросы «<i>зачтено</i>» выставляется обучающемуся, если соответствует оценкам: "отлично", "хорошо", "удовлетворительно" «<i>незачтено</i>» выставляется обучающемуся, если «незачтено» выставляется обучающемуся, если соответствует оценке "неудовлетворительно"

Приложение В

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Письменный и устный опрос.

Перечень вопросов (задач, заданий, тем, комплекта тестовых заданий):

- Вопрос 1. Дать пояснение основным технологиям улавливания CO₂
- Вопрос 2. Определить цели и задачи двух наиболее перспективных методов утилизации CO₂
- Вопрос 3. Перечислить и дать характеристику 3м наиболее известным проектам захоронения CO₂ в мире
- Вопрос 4. Перечислить методы транспортировки CO₂. Перечислить их достоинства и недостатки
- Вопрос 5. Перечислить список необходимых инфраструктурных компонентов для реализации проекта геологического захоронения CO₂
- Вопрос 6. Перечислить комплекс необходимого оборудования для закачки CO₂ с целью геологического захоронения и для ПНП
- Вопрос 7. Перечислить страны с наибольшим потенциалом для реализации проектов геологического захоронения CO₂
- Вопрос 8. Перечислить список сплавов и марок сталей для оборудования скважин CO₂ проекта
- Вопрос 9. Описать 3 потенциально перспективных технологии мониторинга хранилища CO₂. В чем принципиальная разница технологий?
- Вопрос 10. Охарактеризовать индустрии и производства производящие наибольшее количество CO₂ в мире

http://bibl.rusoil.net/base_docs/UGNTU/Geologiya/Ovchinnikov14992.pdf

Ответ на Вопрос 1. Дать пояснение основным технологиям улавливания CO₂

Антропогенные выбросы углекислого газа, в основном, происходят от сжигания ископаемых видов топлива (и биомассы) в секторах выработки энергии, строительства и транспорта. Также CO₂ высвобождается из иных источников, чем сжигание, при некоторых промышленных процессах, таких, как производство цемента, обработка природного газа и производство водорода.

При улавливании CO₂ производится концентрированный поток CO₂ под высоким давлением, этот поток может быть транспортирован для хранения к местам хранения. В данном методическом пособии, границы систем улавливания включают сжатие и дегидратация, либо иные мероприятия по подготовке CO₂, имеющие место перед транспортировкой.

Электростанции и прочие крупные промышленные объекты являются первыми кандидатами на улавливание CO₂, несмотря на высокую чистоту потоков CO₂, отделенных от природного газа в газоперерабатывающей промышленности, которые могут быть уловлены и направлены на хранение к настоящему времени. Доступная технология в целом применяется таким способом, при котором улавливается до 95 % обрабатываемого CO₂ на улавливающих установках. На рисунке 2, показан обзор соответствующих процессов. Основные технологии кратко описаны ниже.

- Улавливание после сжигания: CO₂ может быть отделен от дымовых газов сжигательных установок или из от потоков природного газа и подан на устройства сжатия и дегидратации для достижения относительной чистоты и сухости потока CO₂ в транспортной системе. Эти системы обычно используют для CO₂ жидкий раствор.
- Улавливание перед сжиганием: включает взаимодействие топлива с кислородом или воздухом и/или паром для получения «синтез-газа» или «топливного газа», состоящего в основном из

монооксида углерода и водорода. Монооксид углерода взаимодействует с паром в каталитическом реакторе, называемом «конвертер сдвига», в результате получается CO₂ и некоторое количество водорода. Далее CO₂ отделяется от смеси газов, обычно, при помощи процесса химической или физической абсорбции, что дает в результате богатое водородом топливо, которое можно использовать многими способами, например, в бойлерах, топках, газовых турбинах и топливных элементах. Эта технология широко используется при производстве водорода, который используется в основном при производстве аммиака и удобрений, а также в операциях по переработке нефти.

- Кислородотопливное улавливание: При кислородном сжигании топлива, почти чистый кислород используется при сжигании вместо воздуха, что дает в результате отходящий газ, состоящий в основном из CO₂ и H₂O. Поток отходящего газа может быть прямо направлен в блоки сжатия и дегидратации CO₂. Эта технология находится на стадии демонстрации.

Ответ на Вопрос 2. Определить цели и задачи двух наиболее перспективных методов утилизации CO₂

В последнее время также активно рассматривают технологию Chemical looping combustion (CLC – сжигание в химическом цикле). Этот цикл работает за счет транспортировки кислорода от воздуха к топливу с использованием материала-носителя кислорода (oxygen carrier material – OCM). Эта технология предотвращает смешивание воздуха с топливом в камере сгорания при обычном сжигании. Воздух и топливо подаются в два отдельных реактора, где OCM окисляется воздухом, транспортируется в топливный реактор, восстанавливается топливом, а затем транспортируется обратно в воздушный реактор. На рисунке 2 приведена схема сжигания твердого топлива в химическом цикле. Технология CLC признана перспективным подходом к улавливанию CO₂ в энергетических установках. По сравнению с другими технологиями улавливания CO₂ CLC может значительно экономить энергию благодаря исключению стадии разделения газа. Оценочные затраты на тонну CO₂, улавливаемого в работающей на твердом топливе установке CLC, составляют около \$ 20 CO₂, что значительно ниже, чем аналогичные затраты для технологий «после сжигания» (\$ 36–53 за тонну CO₂), «до сжигания» (\$ 28–41 за тонну CO₂) и «кислородно-топливное сжигание» (\$ 36–67 за тонну CO₂).

Вопрос 3. Перечислить и дать характеристику 3м наиболее известным проектам захоронения CO₂ в мире

Sleipner Carbon Dioxide Capture and Storage Project. CO₂ выделяется во время первичной переработки природного газа, улавливается до сжигания, в трубопроводном транспорте нет необходимости (прямая закачка)

Первый успешный коммерческий проект, важный демонстрационный проект

2. Snohvit CO₂ Storage Project

CO₂ выделяется во время первичной переработки природного газа, улавливается до сжигания, для транспортировки требуется трубопроводный транспорт. Самый северный проект в мире, а также первый проект, согласно которому углекислый газ проходит через самый протяженный в мире одноструйный подводный трубопровод

3. Petrobras Lula Oil Field CCS Project. CO₂ выделяется во время первичной переработки природного газа, улавливается до сжигания, в трубопроводном транспорте нет необходимости (прямая закачка) Лула – первое сверхгигантское месторождение, расположенное в сверхглубоких водах и самый значительный проект CCS в Бразилии.

Доклад, сообщение.

Перечень вопросов (задач, заданий, тем, комплекта тестовых заданий):

Вопрос N1. Улавливание и сжатие CO₂ (обычно, на крупных промышленных сооружениях, таких как предприятия по выработке электроэнергии, производство чугуна и стали, обработка природного газа, производство цемента, аммиака, водорода и этанола).

Ответ на вопрос N1.

Антропогенные выбросы углекислого газа, в основном, происходят от сжигания ископаемых видов топлива (и биомассы) в секторах выработки энергии, строительства и транспорта. Также CO₂ высвобождается из иных источников, чем сжигание, при некоторых промышленных процессах, таких, как производство цемента, обработка природного газа и производство водорода.

При улавливании CO₂ производится концентрированный поток CO₂ под высоким давлением, этот поток может быть транспортирован для хранения к местам хранения. В данном методическом пособии, границы систем улавливания включают сжатие и дегидратация, либо иные мероприятия по подготовке CO₂, имеющие место перед транспортировкой.

Электростанции и прочие крупные промышленные объекты являются первыми кандидатами на улавливание CO₂, несмотря на высокую чистоту потоков CO₂, отделенных от природного газа в газоперерабатывающей промышленности, которые могут быть уловлены и направлены на хранение к настоящему времени. Доступная технология в целом применяется таким способом, при котором улавливается до 95 % обрабатываемого CO₂ на улавливающих установках. На рисунке 2, показан обзор соответствующих процессов. Основные технологии кратко описаны ниже.

- Улавливание после сжигания: CO₂ может быть отделен от дымовых газов сжигательных установок или из от потоков природного газа и подан на устройства сжатия и дегидратации для достижения относительной чистоты и сухости потока CO₂ в транспортной системе. Эти системы обычно используют для CO₂ жидкий раствор.
- Улавливание перед сжиганием: включает взаимодействие топлива с кислородом или воздухом и/или паром для получения «синтез-газа» или «топливного газа», состоящего в основном из монооксида углерода и водорода. Монооксид углерода взаимодействует с паром в каталитическом реакторе, называемом «конвертер сдвига», в результате получается CO₂ и некоторое количество водорода. Далее CO₂ отделяется от смеси газов, обычно, при помощи процесса химической или физической абсорбции, что дает в результате богатое водородом топливо, которое можно использовать многими способами, например, в бойлерах, топках, газовых турбинах и топливных элементах. Эта технология широко используется при производстве водорода, который используется в основном при производстве аммиака и удобрений, а также в операциях по переработке нефти.
- Кислородотопливное улавливание: При кислородном сжигании топлива, почти чистый кислород используется при сжигании вместо воздуха, что дает в результате отходящий газ, состоящий в основном из CO₂ и H₂O. Поток отходящего газа может быть прямо направлен в блоки сжатия и дегидратации CO₂. Эта технология находится на стадии демонстрации.

Вопрос N2. Транспортировка его до места геологического захоронения.

Ответ на вопрос N2.

Выбросы могут возникать от поврежденного трубопровода, заглушек и вентилях, промежуточных компрессорных станций газопроводов, оборудования для промежуточного хранения, судов, перевозящих сжиженный охлажденный CO₂, и объектов для погрузки и отгрузки судов. Выбросы от транспортировки уловленного CO₂ относятся к категории 1С. Трубопроводы для CO₂ являются самыми распространенными средствами массовой транспортировки CO₂, а также зрелыми рыноч-

ными используемыми технологиями. Массовая транспортировка CO₂ при помощи судов также имеет место, хотя и в относительно меньших масштабах. Она осуществляется в изолированных контейнерах, при температурах значительно ниже температуры окружающей среды и при значительно меньшем давлении, чем в трубопроводах. Транспортировка с помощью автотранспорта и железнодорожного транспорта возможна только для небольших количеств CO₂, она не является значительной из-за необходимости улавливать большие количества CO₂. Поэтому описание методов подсчета выбросов от автомобильного и железнодорожного транспорта здесь не приводится.

Транспортировка CO₂ с помощью трубопровода

Для оценки выбросов от трубопроводной транспортировки CO₂ можно рассчитать коэффициенты выбросов по умолчанию из коэффициентов выбросов для транспортировки (трубопроводной) природного газа. Однако летучие выбросы от трубопроводного транспорта в целом не зависят от пропускной способности, зато зависят от размера и оборудования, устанавливаемого в трубопроводных системах. Поскольку предполагается, что существует связь между размерами систем и используемым природным газом, такой подход вполне приемлем для метода уровня 1 для транспортировки природного газа.

Вопрос N3. Долгосрочная изоляция от атмосферы

Ответ на вопрос N3.

Мониторинг геологического хранения CO₂ требует использования спектра технологий, которые могут определять распространение, фазу и массу закачанного CO₂ по всему пути от места закачки в резервуар геологического хранилища до поверхности земли или морского дна. Обычно это требует одновременного использования нескольких различных технологий.

Геология хранилища и прилегающих пород должна характеризоваться для выявления параметров, событий и процессов, которые могут привести к высвобождению CO₂ из резервуара хранилища, а также для моделирования потенциальных транспортных маршрутов CO₂ из резервуара хранилища, это не является необходимым для места закачки.

Если CO₂ мигрирует из резервуара хранилища через не выявленные разломы в пористых и проницаемых породах, он может перемещаться из-за плавучести к поверхности в точке. Это может привести к выбросам CO₂ с поверхности земли площадью в несколько километров вокруг самой точки с в неопределенный момент времени в будущем. Описание характеристик геологии хранилища и прилегающих пород, а также цифровое моделирование потенциальных сценариев утечек и процессов, может дать информацию, необходимую для правильного выбора оборудования для мониторинга в течение и после процесса закачки.

Ниже перечислены наиболее распространенные методы контроля и средства измерения, которые могут быть использованы для мониторинга CO₂ в глубине недр (примерно от 200 метров до 5000 метров под землей поверхности или морским дном), неглубоких недр (около 200 метров ниже поверхности земли или морского дна) и вблизи поверхности (регионах менее 10 метров выше и ниже поверхности земли или морского дна).

Следует использовать технологии, дающие наиболее верные результаты в заданных условиях. Пригодность технологии обычно очевидна для специалистов, но различия между технологиями также могут быть оценены на относительную пригодность. Для большинства технологий не существует строго определенных ограничений чувствительности. В полевых условиях возможность измерения распределения, фазы и массы CO₂ из подповерхностных резервуаров зависит от места применения. Она будет определяться в такой же мере геологией участка и окрестностей, и окружающей температурой, давлением и насыщением подземных вод, а также теоретической чувствительностью технологий измерений или самих измерительных приборов.

Аналогично, пределы чувствительности технологий поверхностного мониторинга определяются параметрами среды, как и чувствительностью инструментов мониторинга самой по себе. Для поверхностных систем на земле, потоки и концентрация CO₂ определяются с помощью поглощения CO₂ растениями в процессе фотосинтеза, корневого дыхания, микробного дыхания почвы, глубины утечки CO₂ и обмена CO₂ между почвой и атмосферой. Любое высвобождение CO₂ из антропогенного хранилища CO₂ необходимо отличать от изменчивости естественного фона. Анализ стабильных изотопов углерода и радиационные показатели обнаруженного CO₂ может способствовать этому процессу.

Большинство методов требует калибровки или сравнения с базовыми исследованиями до начала закачки, например, для определения фоновых потоков CO₂.

Тест.

Перечень вопросов (задач, заданий, тем, комплекта тестовых заданий):

Вопрос: перечислите 2 основных источника выбросов углекислого газа CO₂ в мире.

Ответ: цементная промышленность и металлургическая промышленность.

Вопрос: перечислите 3 основных технологии для улавливания CO₂ в обжиговых печах.

Ответ: абсорбция, адсорбция, chemical looping combustion

Вопрос: верно ли, что с помощью закачки CO₂ в нефтеносные коллекторы можно повысить КИН.

Ответ: да, верно.

Вопрос: обозначьте текущие суммарные мировые объемы выбросов углекислого газа.

Ответ: 32 млрд т.

Вопрос: перечислите 3 мировых лидера по выбросом CO₂ в атмосферу

Ответ: Китай, США, Индия.

Вопрос: назовите основную техническую сложность при транспортировке CO₂ трубопроводным транспортом.

Ответ: коррозия

Вопрос: перечислите основные механизмы удержания CO₂ в недрах.

Ответ:

- Структурное удержание, обусловленное наличием геологической ловушки
- Гидродинамическое удержание за счет капиллярных сил в поровом пространстве породы-коллектора.
- Удержание путем растворения CO₂ в пластовых водах,
- Минеральное удержание за счет химического взаимодействия с вмещающими горными породами и флюидами с образованием твердого осадка или водных растворов
-

Вопрос: перечислите варианты геологического хранения CO₂.

Ответ:

- Истощенные нефтегазовые залежи
- Глубоко залегающие соленосные формации
- Не имеющие промышленного значения угольные пласты

Аннотация к рабочей программе дисциплины
(46453) Улавливание, транспортировка, особенности строительства и закачки
газа

Направление подготовки (специальность): 05.04.01 Геология

Направленность: магистерская программа «Геологическое обеспечение и мониторинг технологий утилизации, хранения и ресурсосбережения углеродных газов»

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: очная;

Кафедра, обеспечивающая преподавание дисциплины: Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений (Геологии);

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины

ПК-3 Способен оценивать технические характеристики и возможности организации подземных хранилищ газа:

-ПК-3.2 Разрабатывает технико-экономические условия, критерии создания и эксплуатации подземных хранилищ газа

Результат обучения

Знать:

ПК-3-2 Базовую информацию по существующим и перспективным технологиям улавливания CO₂

Различные методы транспортировки CO₂ наземным и морским транспортом

Цели и методы закачки CO₂ в геологические формации, а также методы мониторинга для геологических хранилищ CO₂

Конструкция скважин для закачки CO₂ 19

НКТ и обсадная колонна 20

Цементирование 21

Пакер 22

Требования к дизайну скважин для закачки CO₂ 22

Внутренняя механическая целостность 23

Внешняя механическая целостность 24

Уметь:

ПК-3-2 Уметь оперировать основными технологическими трендами в Улавливании, Транспортировке и Закачке CO₂

Владеть:

ПК-3-2 Владеть материалом, изложенным в методичке. Оценивать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований

Краткая характеристика дисциплины

Улавливание CO₂; Транспортировка CO₂; Закачка CO₂ и особенности конструкции скважин;

Трудоёмкость (з.е. / часы)

3 з.е. (108час)

Вид промежуточной аттестации

экзамен;

Разработчик(и):

_____ к.т.н. Овчинников К.Н.

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой Геологии _____ Ю.А. Котенёв