


**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Казахстанский филиал**

Утверждено  
Решением Ученого совета  
Казахстанского филиала МГУ  
от «30» августа 2024г.  
протокол № 1  
Директор  
Казахстанского филиала МГУ

  
А.В. Сидорович

**ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДОЕМКОСТИ**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

по направлению подготовки **05.04.06 Экология и природопользование** уровня  
магистратуры с присвоением квалификации (степени) магистра  
профиль: Управление низкоуглеродным развитием городов и регионов

**Астана, 2024**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользования, утвержденным решением Ученого совета МГУ от 28.12.2020г. протокол № 7.

**Год начала подготовки:** 2024, 2025

© Географический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова  
© Казахстанский филиал МГУ имени М. В. Ломоносова  
*Программа не может быть использована другими подразделениями  
и университета и другими вузами без разрешения факультета и филиала*

## 1. Цель и задачи изучения дисциплины «Инженерные методы снижения углеродоемкости»

Целью освоения дисциплины «Инженерные методы снижения углеродоемкости» является формирование знаний об основных отраслях экономики, где возможно применение методов снижения энергоемкости, а также о конкретных технологиях – реализованных и перспективных – снижения углеродоемкости, в том числе как на этапе производства продукции, так и путем удаления парниковых газов из выбросов и окружающей среды. Знание конкретных технологических процессов позволяют оценить возможности практической реализации стратегии низкоуглеродного развития; пределы достижимого снижения углеродоемкости, а также экономических параметров (затрат) на осуществление мер низкоуглеродного развития.

**Задачами** освоения дисциплины являются:

- формирование представления об отраслях хозяйства, в которых возможна реализация методов и подходов к снижению углеродоемкости производственных процессов;
- изучение конкретных технологий снижения углеродоемкости в отраслях промышленности (с акцентом на энергетику), строительства, сельского хозяйства – как точки зрения улавливания различных форм углерода из окружающей среды, так и предотвращения выбросов в процессе производства;
- анализ ресурсных затрат при использовании технологий снижения углеродоемкости (с акцентом на энергетические затраты);
- знакомство с современными оценками удельных затрат (финансовых, энергетических) при реализации технологий снижения углеродоемкости;
- выявление лидеров (страны, компании) в области технологий снижения углеродоемкости и степени развитости технологий.

В процессе освоения учебных вопросов большое внимание уделяется работе с литературными источниками, статистическими данными, выполняются сравнительно-аналитические задания, используются различные формы учебного процесса.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина по выбору, изучается во 2 семестре, на 1 курсе.

Изучению данной дисциплины предшествуют дисциплины: География, Геоморфология с основами геологии, Метеорология и климатология, Биология с основами биогеографии, Гидрология, Социально-экономическая география, Тенденции и факторы климатических изменений, Техногенные системы и экологический риск, Инженерная экология, Природосберегающие технологии и альтернативная энергетика. Является основой для дисциплин Основы оценки углеродного цикла производств, Стратегии низкоуглеродного развития городов и регионов Устойчивое развитие, а также для прохождения, производственной и преддипломной практик по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользование

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины.

Компетенции выпускников (коды, указание: формируется частично или полностью)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с компетенциями
<b>УК-1 (формируется частично).</b> Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий, формулировать	<i>Знать:</i> Методы исследования производственных процессов с точки зрения углеродоемкости и альтернативные технологии для сокращения углеродного следа <i>Уметь:</i> Проводить оценку углеродоемкости производственных процессов и эффективности альтернативных (замещающих) технических решений и технологий

научно обоснованные гипотезы, применять методологию научного познания в профессиональной деятельности.	<i>Владеть:</i> Методами исследования отраслей хозяйственной деятельности как источников и стоков парниковых газов.
<b>ОПК-2 (формируется частично).</b> Способен использовать знания специальных и новых разделов экологии, геоэкологии и природопользования для решения научно-исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.	<i>Знать:</i> Современные подходы к снижению углеродоемкости производственных процессов, сферы и условия их применения в различных отраслях хозяйства.
	<i>Уметь:</i> Сформировать и обосновать перечень возможных методов и подходов для снижения углеродоемкости конкретных производственных процессов
	<i>Владеть:</i> Навыками оценки факторов, определяющих возможность использования инженерных методов снижения углеродоемкости производственных процессов.
<b>ПК-1 (формируется частично).</b> Способен формулировать проблемы и задачи научного исследования в области экологии и природопользования, обобщать полученные результаты в контексте ранее накопленных в науке знаний, формулировать выводы и рекомендации на основе репрезентативных и оригинальных результатов исследований.	<i>Знать:</i> Методы организации и проведения научно-исследовательских работ в области снижения углеродоемкости производственных процессов.
	<i>Уметь:</i> Использовать для конкретных научно-исследовательских задач примеры успешной реализации проектов декарбонизации различных отраслей производства
	<i>Владеть:</i> Навыками экспертной деятельности и сценарных расчетов сокращения углеродоемкости производства при использовании альтернативных инженерных решений.
<b>ПК-3 (формируется частично).</b> Способен использовать знания специальных и новых разделов природопользования при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности.	<i>Знать:</i> Подходы и достигнутые результаты к научному исследованию в смежных отраслях науки с целью применения их к задачам снижения углеродоемкости.
	<i>Уметь:</i> Использовать в качестве исходных данных и методов результативные инструменты в смежных отраслях экологии, природопользования, иных естественных и технических наук.
	<i>Владеть:</i> Навыками проведения теоретических и экспериментальных исследований, обобщения и анализа полученных результатов в применении к задачам снижения углеродоемкости производственных процессов.
<b>ПК-8 (формируется частично).</b> Способен к экспертно-аналитической деятельности в сфере экологии и природопользования, планированию и выполнению профильных прикладных исследований с использованием	<i>Знать:</i> Требования к проведению и структуру документации экспертизы в части выявления углеродоемкости производственных процессов.
	<i>Уметь:</i> Провести анализ производственных процессов с целью выявления источников и путей сокращения выбросов парниковых газов.
	<i>Владеть:</i> Методами расчета фактической углеродоемкости производства и потенциала

современных подходов и методов.	снижения ее при использовании альтернативных инженерных решений.
---------------------------------	--

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

*Знать:* источники формирования выбросов парниковых газов в различных отраслях хозяйства и современные методы снижения их углеродоемкости.

*Уметь:* оценить отрасли материального производства по уровню формирования выбросов парниковых газов в окружающую среду и наличия технологий их снижения.

*Владеть:* навыками расчетов и анализа потенциала различных технологий к снижению углеродоемкости отраслей хозяйства или предприятий.

**3.2 Форма проведения учебных занятий по дисциплине / форма проведения практик**

Вид работы	Трудоемкость (в академических часах)
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>108</b>
<b>Аудиторная работа:</b>	<b>36</b>
Лекции	12
Семинары	24
Лабораторные работы	-
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>72</b>
Курсовой проект, курсовая работа	
Расчетно-графическое задание	5
Решение задач	5
Написание реферата	
Написание эссе	
Самостоятельное изучение разделов	10
Контрольная работа	5
Подготовка к тестированию	2
Подготовка к коллоквиуму	
Подготовка к устному или письменному ответу по темам дисциплины	5
Обработка библиографических данных	
Подготовка докладов по теме дисциплины	
Подготовка презентаций по теме дисциплины	5
Индивидуальное собеседование	
Составление конспекта научных работ по теме дисциплины	
Составление опорных конспектов по теме	5
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	28
Подготовка и сдача экзамена	2
<b>Вид промежуточного контроля</b>	<b>Зачет</b>

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

**4.1. Объем дисциплины** Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, что составляет 108 академических часа.

#### Структура и содержание дисциплины

№ п/ п	Раздел (тема) дисциплины	С е м е с т р	Неделя семест ра	Виды учебной работы, включая СРМ и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра). Форма промежуточ ной аттестации (по семестрам)
				лекц ия	сем ина р	СР М	
1	Введение. Предмет, методы и задачи курса; терминология предметной области. Подходы к декарбонизации (снижению углеродоемкости) производственных процессов. Концепция «электрического мира».	2	1	1	2	8	Устный опрос. Расчетное домашнее задание. Представление эссе по теме.
2	Современные технологии традиционной энергетики и пути повышения энергоэффективности	2	2	1	2	8	Защита и презентация домашних заданий (эссе по теме)
3	Снижение углеродного следа тепловой энергетики: современные технологии	2	3-4	1	2	8	Устный опрос по теме. Опорный конспект по теме.
4	Инженерные методы снижения углеродоемкости в энергетике: использование возобновляемых источников энергии.	2	5-6	1	2	8	Тест по лекционному материалу. Опорный конспект по теме. Доклады на семинаре.
5	Технологии возобновляемой энергетики и оценка потенциальной роли в снижении углеродоемкости.	2	6-8	1	4	8	Устный опрос по теме. Опорный

	Методы оценки ресурсов возобновляемой энергетики.						конспект по теме. Расчетное домашнее задание.
6	Инженерные методы снижения углеродоемкости в энергетике: замещение ископаемых органических топлив углерод-нейтральной биомассой: биоэнергетика. Безуглеродные методы генерации энергии (водородная энергетика).	2	9	2	4	8	Устный опрос по теме. Опорный конспект по теме. Доклады на семинаре.
7	Методы улавливания CO <sub>2</sub> в энергетических и промышленных установках с последующим его транспортированием, захоронением, переработкой/использованием.	2	10	2	4	8	Тест по лекционному материалу. Доклады на семинаре.
8	Методы и природные условия для долгосрочного захоронения CO <sub>2</sub> .	2	11	2	2	8	Устный опрос по теме. Опорный конспект по теме.
9	Энергосбережение как метод снижения углеродоемкости. Экономика проектов CCUS.	2	12	1	2	8	Защита и презентация домашних заданий (эссе по теме).
	Промежуточная аттестация						<b>Зачет</b>
	<b>Итого:</b>			<b>12</b>	<b>24</b>	<b>72</b>	<b>108</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины

**Тема 1. Введение. Предмет, методы и задачи курса; терминология предметной области. Подходы к декарбонизации (снижению углеродоемкости) производственных процессов. Концепция «электрического мира».**

Понятие декарбонизации, углеродоемкости экономики и производственных процессов. Сферы снижения энергоёмкости в современном хозяйстве. Направления исследований и технологических разработок в области декарбонизации.

Концепция «электрического мира» и ее противоречивость. Динамика и страны - лидеры выбросов парниковых газов. История концепции декарбонизации и энергетического перехода; их противоречивость. Подходы к декарбонизации. Источники информации о технологических разработках, проектах и эффективности декарбонизации при различных подходах к решению.

Задания для самостоятельной работы:

1. Подготовка эссе по теме лекции. Изложите основы задач декарбонизации экономики, с какими природными явлениями связаны сформированные на общемировом уровне требования к сокращению углеродного следа производственных процессов.
2. Приведите примеры стран-лидеров в разработке и практической реализации стратегий декарбонизации (снижения углеродоемкости); каковы причины развития инженерных методов снижения углеродоемкости.
3. Составьте конспект с элементами исследования по следующим вопросам:
  - Составить диаграмму структуры потребления первичной энергии по видам топлива в РК.
  - На основе структуры электрогенерации РК (региона РК) рассчитать выбросы парниковых газов за год с учетом типов используемого топлива. Использовать материалы слайда 21.
  - В виде диаграммы отразите изменение средней годовой температуры воздуха в выбранных (1-2) локациях в РК за 10 лет (Источники информации: RP5; NASA POWER).
  - В виде диаграмм, табличных данных, анализа представьте показатели (темпы: МВт/год) изменения установленной мощности станций на ВИЭ в выбранном регионе мира за 10, 5 и 3 последние годы.

## ***Тема 2. Современные технологии традиционной энергетики и пути повышения энергоэффективности.***

Технологии тепловой энергетики: паротурбинные электростанции, когенерационные станции, газотурбинные, парогазовые станции. Структура топлива современных тепловых электростанций. Понятие и характерные значения КПД основных типов электростанций, коэффициента использования установленной мощности (КИУМ); их влияние на эффективность декарбонизации в энергетике. Проблемы ресурсной базы для газотурбинных и парогазовых электростанций вследствие невозможности использования угля в качестве топлива. Технологии и проблемы газификации угля (соотношение энергосодержания угля и синтез-газа; выбросы в окружающую среду при газификации угля). Пути повышения эффективности тепловых электростанций как метод снижения углеродоемкости. Затраты энергии на собственные нужды электростанций и их доля в формировании углеродного следа.

Задания для самостоятельной работы:

1. Структура и географическое распределение мощностей тепловой энергетики в РК: представить данные в виде динамики изменения структуры за последние 5-10 лет; выявить примеры введения в эксплуатацию газотурбинных и парогазовых станций и установок; определить регионы преимущественного использования этих технологий в РК.
2. Подготовить эссе по темам: 1. Технология газификации угля; характеристика, ограничения; 2. Подземная газификация угля: технология, экологические проблемы и ограничения; 3. Газификация угля: примеры проектов, масштабы использования, экономические характеристики.

## ***Тема 3. Снижение углеродного следа тепловой энергетики: современные технологии.***

Сравнение углеродоемкости и методов ее снижения различных современных технологий получения электрической и тепловой энергии (на примере предприятий ТЭК Российской Федерации). Возможности снижения выбросов CO<sub>2</sub> за счет:

- улучшения качества твердого топлива,
- перехода с угля на сжигание природного газа,
- внедрения парогазовых установок,
- повышения коэффициента полезного действия энергетических установок,
- вывода из эксплуатации устаревшего оборудования,



- использования в качестве топлива водородсодержащих газов и чистого водорода. Использование низкопотенциального (сбросного) тепла в энергетике и промышленности как метод повышения энергоэффективности. Использование побочных высококалорийных продуктов промышленных производств (типы промышленных процессов, потенциал производства высококалорийных продуктов, технологии использования). Отрасли промышленности России, формирующие высококалорийные побочные продукты. Географическое распределение потенциала сбросных калорийных газов.

Задания для самостоятельной работы:

1. Подготовить конспект с обзором статистических данных по характеристикам энергоемкости конечных продуктов отраслей промышленности (по выбору).
2. Проанализировать конкретную технологию производства энергии с оценкой его ресурсоемкости и энергоемкости с использованием отраслевой информации и научно-технических справочников наилучших доступных технологий (НДТ). Определите потенциал снижения удельных затрат топлива (и, соответственно, снижения углеродоемкости) конечной продукции при использовании НДТ.
3. Привести перечень высококалорийных (высокоэнергетических) продуктов, образующихся в отраслях промышленности. Какие отрасли промышленности России/Казахстана являются источниками такого рода продуктов. Каково региональное распределение этих источников.

#### ***Тема 4. Инженерные методы снижения углеродоемкости в энергетике: использование возобновляемых источников энергии.***

Ветровая и солнечная энергетика: современные методы повышения эффективности использования ресурсов. Малая гидроэнергетика; технологии волновой и приливной энергетике: перспективные проекты (в России и мире). Геотермальная энергетика; технологии комплексного использования геотермальных ресурсов. Гибридные энергоустановки. Тенденции развития возобновляемой энергетике в мире и перспективные ниши ее развития в России/Казахстане.

Проблемы неоднородности во времени и пространстве производства энергии от возобновляемых источников энергии. Потребности в аккумулировании энергии и тенденции технологического развития в области накопителей энергии.

Задания для самостоятельной работы:

Составить опорные конспекты по теме. Рассмотреть вопросы:

1. Дайте описание технологии ВИЭ:
  - а) общие принципы получения энергии;
  - б) какой вид энергетического продукта можно получать,
  - в) районы, имеющие ресурсы для данного вида установок в РФ или РК (где, оценки, если таковые проводились).

Направления возобновляемой энергетике (на выбор):

- Солнечная электроэнергетика (фотоэлектрические преобразователи)
- Солнечная тепловая энергетика (солнечные водонагреватели)
- Ветровая энергетика
- Геотермальная энергетика.

2. По каждой технологии ВИЭ подготовить характеристику:

- а) масштабы применения в мире (установленная мощность, доля производства энергии на данном виде ВИЭ);
  - б) регионы, страны – лидеры по установленной мощности;
  - в) регионы, страны – лидеры по производству оборудования (для данной технологии) регионе);
  - г) регионы, страны, где приняты государственные меры поддержки энергетике на основе данного вида ВИЭ
3. Подготовка докладов на семинаре.

## ***Тема 5. Технологии возобновляемой энергетики и оценка потенциальной роли в снижении углеродоемкости. Методы оценки ресурсов возобновляемой энергетики.***

Оптимизация мощности и расположения станций возобновляемой энергетики; определяющие факторы для обоснования возможности/невозможности использования ВИЭ (наличие ресурсов ВИЭ, потребности в энергии, экологические и инфраструктурные факторы). Методика и примеры оценки территории в соответствии с критериями пригодности/непригодности для проектов возобновляемой энергетики.

Методы оценки ресурсов различных типов ВИЭ. Источники данных, проблема верификации данных. Методы расчета потенциальной производительности станций на ВИЭ: солнечных, ветровых, тепловых электростанций на биомассе. Экономические критерии эффективности и конкурентоспособности станций возобновляемой энергетики.

Задания для самостоятельной работы:

1. Составить опорный конспект по теме. Рассмотреть вопросы:

- картографические источники данных для целей возобновляемой энергетики (примеры крупнейших проктов на уровне отдельных страны и глобальные; специфика, содержание, применимость для территории Казахстана; качество данных);
- применение геоинформационных технологий в области возобновляемой энергетики (примеры ГИС, применимость для территории Казахстана; качество данных);
- методы выявления факторов, определяющих возможность применения (строительства станций) на ВИЭ для заданной территории.

2. Расчетное задание. Собрать данные из доступных источников (Научно-прикладной справочник по климату, NASA POWER, GLOBAL SOLAR ATLAS, GLOBAL WIND ATLAS, иное) для определения и верификации ресурсов солнечной и ветровой энергии для выбранного региона (2-3 точек) России/Казахстана. Провести расчеты технического потенциала солнечной и ветровой энергии для выбранного региона России/Казахстана.

4. Расчетное задание. На основе статистических данных Казстата провести оценку ресурсов и технического потенциала биоэнергетики (регион Казахстана – по выбору). Рассмотреть отходы следующих типов: ТБО, ОСВ, отходы растениеводства, отходы животноводства.

## ***Тема 6. Инженерные методы снижения углеродоемкости в энергетике: вытеснение ископаемых органических топлив углерод-нейтральной биомассой: биоэнергетика. Безуглеродные методы генерации энергии (водородная энергетика).***

Биотопливо первого, второго и третьего поколения; краткая история и современные тенденции развития биоэнергетики; ресурсы биоэнергетики; использование методов селекции и генной инженерии в биоэнергетике. Современные методы переработки отходов биомассы с попутным получением энергопродуктов (сельскохозяйственные отходы, отходы лесной, деревообрабатывающей и пищевой промышленности): метаногенез, пиролиз, газификация (в том числе высокотемпературная плазменная газификация), сжижение биомассы, производство топливных пеллет, ферментативный гидролиз биомассы, получение разложимых биополимеров.

Микроводоросли и другие альтернативные виды биомассы для снижения углеродоемкости производства энергии и поглощения углекислого газа.

Производство энергии на основе безуглеродных технологий:

- 1) атомная энергетика и перспективы термоядерного синтеза;
- 2) водородная энергетика.

Инновационные решения в области атомной энергетики: реакторы-размножители и замкнутый углеродный цикл, реакторы малой мощности.

Специфика водородной энергетики: методы использования водорода для выработки энергии; проблемы получения водорода; энергоемкость производства водорода;

альтернативные методы получения водорода. Экономические оценки затрат на развитие крупномасштабной водородной энергетики.

Задания для самостоятельной работы:

1. Составить опорный конспект по теме. Рассмотреть вопросы:

Дать описание современных технологии биоэнергетики:

а) общие принципы получения энергии;

б) какой вид энергетического продукта можно получать,

в) какие ресурсы используются для отраслей биоэнергетики.

2. Описать свойства водорода как энергоносителя. Является ли водород первичным энергоносителем. Какие технологии применяются в настоящее время для производства водорода. Каковы затраты энергии на производства водорода при различных технологиях.

3. Проанализировать Концепцию развития водородной энергетики в Российской Федерации. Причины утверждения концепции, цели и задачи. Какие территории (кластеры) России должны быть созданы для реализации пилотных проектов развития водородной энергетики, почему. Какие проекты в рамках Концепции реализуются в РФ в настоящее время.

4. Провести классификацию поколений биотоплив (1,2,3 поколения). Перечислить используемые ресурсы. Дать анализ конфликтов природопользования при производстве биотоплива из искусственно выращенных растений.

5. Подготовьте доклады на темы: региональный анализ современного производства биотоплива. Роль органических отходов в формировании ресурсной базы производства энергетических ресурсов.

6. Подготовить доклад на тему: неконвенциональные источники ресурсов для биоэнергетики (отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности, отходы целлюлознобумажной промышленности, микроводоросли, энергетические плантации).

### ***Тема 7. Методы улавливания CO<sub>2</sub> в энергетических и промышленных установках с последующим его транспортированием, захоронением, переработкой/использованием.***

Концепции carbon capture and storage – CCS и carbon capture, storage and using – CCUS. Потенциал улавливания углекислого газа от различных источников выбросов. Использование углекислого газа в отраслях промышленности. Объемы образования и использования углекислого газа в промышленных процессах. Технологии улавливания и транспортировки углекислого газа в промышленности и энергетике. Оценки энергетических и финансовых затрат на процессы улавливания и транспортировки углекислого газа. Проблемы переработки углекислого газа во вторичные продукты.

Задания для самостоятельной работы:

1. Дать описание технологического процесса использования углекислого газа в конкретном промышленном процессе. Оценить удельные объемы использования CO<sub>2</sub>. Оценить объемы использования в стране/регионе, исходя из объемов производства конечной продукции.

2. Составить классификацию разработанных инженерных методов улавливания углекислого газа в различных технологических процессах.

2. Подготовить доклады по темам: 1. Крупнейшие проекты улавливания, транспортировки и захоронения углекислого (природные условия, экономические характеристики, возможности тиражирования). 2. Особенности технологии кислородного сжигания топлива (цикл Алама). Перспективы применения технологии и продуктивность в части снижения углеродоемкости тепловой энергетики.

### ***Тема 8. Методы и природные условия для долгосрочного захоронения CO<sub>2</sub>.***

Значение природных условий для использования различных инженерных методов снижения углеродоемкости. Природные условия для захоронения углекислого газа после улавливания (геологические формации, подводное захоронение).

Методы и проекты подземного и подводного захоронения CO<sub>2</sub>:

- свойства CO<sub>2</sub>, критичные для обращения (захоронения);
- основные геологические структуры для хранения CO<sub>2</sub>;
- примеры проектов по захоронению CO<sub>2</sub>;
- экономика проектов по захоронению CO<sub>2</sub>.

Химические процессы при растворении CO<sub>2</sub> и взаимодействии с горными породами. Геологический потенциал (объемы хранилищ для закачки CO<sub>2</sub>) – глобальные оценки, потенциал РФ. Потенциал использования биологических методов интенсификации поглощения углекислого газа из атмосферы.

Задания для самостоятельной работы:

Подготовить опорный конспект по теме занятий. Самостоятельно рассмотреть вопросы

- подземные хранилища (природного) газа как объекты для закачки CO<sub>2</sub>;
- схемы вариантов подземного захоронения CO<sub>2</sub>;
- базы данных проектов CCS;
- преимущества/недостатки проектов CCS.

Подготовиться к устному опросу по теме.

### ***Тема 9. Энергосбережение как метод снижения углеродоемкости. Экономика проектов CCUS.***

Критерии и характеристики энергоэффективности и энергосбережения в различных отраслях хозяйства. Энергоемкость ВВП. Тенденции изменения удельных показателей затрат ресурсов на производство энергии.

Оценка экономических характеристик проектов, реализующих следующих подходов в направлении декарбонизации: 1) интенсификация энергосбережения в энергетике, 2) изменение топливной структуры в пользу низкоуглеродных топлив путем замещение угля природным газом, 3) замещение ископаемых органических топлив углерод-нейтральной биомассой, 4) улавливание CO<sub>2</sub> в энергетических и промышленных установках с последующим его транспортированием и захоронением, 5) расширение использования атомной энергии, 6) переход на использование безуглеродных возобновляемых энергоресурсов. Сравнительный анализ удельных затрат при реализации различных стадий проектов CCUS.

Задания для самостоятельной работы:

Подготовить итоговое эссе, рассмотрев следующие вопросы:

1. Составить информативную схему инженерных методов снижения углеродоемкости экономики, указав отрасли хозяйства, для которых предназначены методы, и критерии эффективности методов.
2. Привести перечень типов фотосинтезирующих организмов (биомассы), которые в настоящее время рассматриваются в качестве наиболее перспективных для улавливания CO<sub>2</sub> из атмосферы и дымовых газов. Преимущества водных организмов.
3. Подготовить в удобной форме таблицы (диаграммы), отражающие выбросы в окружающую среду парниковых газов при сжигании различных видов топлива. Приведите удельные данные по выбросам: на т у.т., на единицу производства тепловой и электрической энергии. Укажите источники данных.
4. Привести данные для сравнительного анализа удельных затрат на различных стадиях процессов: улавливания, захоронения, вторичного использования CO<sub>2</sub>.

### **4.3. Аннотация программы**

Основная цель курса «Инженерные методы снижения углеродоемкости» – освоение студентами современных технологий снижения выбросов углекислого газа в производственных процессах (промышленность, энергетика, сельское хозяйство). В курсе представлены разработанные к настоящему времени подходы к снижению углеродоемкости (декарбонизации), которые предусматривают включение углекислого

газа в циклические процессы производства: использования или улавливания с последующим захоронением (депонированием) с длительным сроком выведения его из атмосферы. Дается информация о достигнутой к настоящему времени эффективности (энергетических, ресурсных и финансовых затратах) методов улавливания и дальнейшего обращения с углекислым газом. Изучение данной дисциплины позволяет оценить современные возможности декарбонизации – как на уровне научно-исследовательских работ, так и на уровне практически реализованных проектов. Это, в свою очередь, позволяет оценить потенциал снижения углеродоемкости тех производственных процессов, с которыми выпускники программы могут столкнуться на практике.

Большинство тем курса включают в себя теоретическую часть, практические задания (выполняемые в группах и индивидуально), самостоятельную проработку учебного материала, обсуждение базовых вопросов темы, проверку знаний.

## **5. Рекомендуемые образовательные технологии**

Дисциплина предусматривает применение не только традиционных форм обучения (лекции и семинары), но и широкое использование новых инновационных форм, которые позволяют анализировать и использовать в оценках большого массива информации. С одной стороны, использование современных технологий обучения должно обеспечить повышение уровня фундаментальности образования, с другой – обеспечить студентам приобрести практические навыки для решения конкретных проблемы. В этой связи изменяется характер лекций и семинаров, получают новую форму проблемные лекции, которые ориентированы на воспитание компетенций и коллективных подходов (дискуссии, представление и обсуждение результатов эссе, домашних работ, расчетных заданий, выполненных как индивидуально, так и в группах).

Самостоятельная работа магистрантов предполагает подготовку теоретического материала (в форме опорных конспектов по темам лекций, самостоятельного разбора части разделов курса) и письменное выполнение практических заданий и упражнений. В рамках самостоятельной работы курс предполагает использование студентами сети Интернет и иных информационных технологий и источников (баз данных, ГИС-продуктов) для поиска и анализа информации. Письменные домашние задания выполняются в письменном виде и высылаются преподавателю по электронной почте. Это позволяет оперативно выявить ошибки и подготовить обсуждение результатов на ближайшем семинаре. Кроме того, это дает возможность для дистанционного оперативного консультирования студентов, что, обеспечивает индивидуальный подход и результативность обучения.

В связи с новыми условиями организации самостоятельной и аудиторной работы предусмотрено:

- в процессе лекций широко используются информационные технологии и новые технические возможности;
- изучение специальной литературы, в том числе представленного в сети Интернет, при подготовке к текущему и промежуточному контролю;
- самостоятельный анализ технологических, экологических, экономических аспектов проблем курса;
- выполнение ситуационных и других домашних заданий с последующей проверкой преподавателем и обсуждением их результатов в ходе индивидуальных консультаций;
- подготовка докладов, рефератов и письменных контрольных работ.

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.****6.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:**

№ п/п	Наименование тем (разделов) дисциплины	Компетенции	Формы текущего контроля
1	Введение. Предмет, методы и задачи курса; терминология предметной области. Подходы к декарбонизации (снижению углеродоемкости) производственных процессов. Концепция «электрического мира».	УК-1, ПК-1.	Устный опрос. Расчетное домашнее задание. Представление эссе по теме.
2	Современные технологии традиционной энергетики и пути повышения энергоэффективности	УК-1, ОПК-2.	Защита и презентация домашних заданий (эссе по теме)
3	Снижение углеродного следа тепловой энергетики: современные технологии	ПК-1, ПК-8.	Устный опрос по теме. Опорный конспект по теме.
4	Инженерные методы снижения углеродоемкости в энергетике: использование возобновляемых источников энергии.	ПК-1, ПК-8.	Тест по лекционному материалу. Опорный конспект по теме. Доклады на семинаре.
5	Технологии возобновляемой энергетики и оценка потенциальной роли в снижении углеродоемкости. Методы оценки ресурсов возобновляемой энергетики.	ОПК-2, ПК-8.	Устный опрос по теме. Опорный конспект по теме. Расчетное домашнее задание.
6	Инженерные методы снижения углеродоемкости в энергетике: замещение ископаемых органических топлив углерод-нейтральной биомассой: биоэнергетика. Безуглеродные методы генерации энергии (водородная энергетика).	ОПК-2, ПК-3.	Устный опрос по теме. Опорный конспект по теме. Доклады на семинаре.
7	Методы улавливания CO <sub>2</sub> в энергетических и промышленных установках с последующим его транспортированием, захоронением, переработкой/использованием.	ПК-3, ПК-8.	Тест по лекционному материалу. Доклады на семинаре.
8	Методы и природные условия для долгосрочного захоронения CO <sub>2</sub> .	УК-1, ОПК-2.	Устный опрос по теме. Опорный конспект по теме.
9	Энергосбережение как метод снижения углеродоемкости. Экономика проектов CCUS.	ПК-3, ПК-8.	Защита и презентация домашних заданий (эссе по теме).

## 6.2. Учебно-методические рекомендации для обеспечения самостоятельной работы студентов

*Методические указания к семинару 1 по теме Предмет, методы и задачи курса; терминология предметной области. Подходы к декарбонизации (снижению углеродоемкости) производственных процессов. Концепция «электрического мира».*

На семинаре проводится устный опрос и дискуссия по теме лекции 1. Обсуждается терминология (декарбонизация, углеродоемкость углеродный след), рассматриваются различные толкования терминов, их противоречивость, возможность достижения кардинального снижения выбросов парниковых газов при современной структуре энергетики мира, динамика годового поступления парниковых газов в атмосферу (на глобальном и страновом уровне).

На семинаре заслушиваются и обсуждаются эссе студентов на тему «Задачи декарбонизации экономики, с какими природными явлениями связаны сформированные на общемировом уровне требования к сокращению углеродного следа производственных процессов».

*Методические указания к семинару 2 по теме Современные технологии традиционной энергетики и пути повышения энергоэффективности.*

Проводится обсуждение результатов выполнения домашних заданий студентов (структура и географического распределения мощностей тепловой энергетики в РК). В ходе обсуждения проводится краткий опрос на понимание специфики современных технологий тепловой энергетики; спектра топливно-энергетических ресурсов, используемых на различных типах станций. Выступления студентов проходят индивидуально или в группах. Обсуждают аналогии технологий атомной и тепловой энергетики.

Во второй части семинара студенты выступают с кратким изложением подготовленных эссе по темам лекций (1. Технология газификации угля; характеристика, ограничения; 2. Подземная газификация угля: технология, экологические проблемы и ограничения; 3. Газификация угля: примеры проектов, масштабы использования, экономические характеристики). Обсуждаются социально-экономические последствия снижения доли угля в ТЭК регионов и стран в целом (на примере РФ, РК).

*Методические указания к семинару 3 по теме Снижение углеродного следа тепловой энергетики: современные технологии.*

Семинар по тематике делится на 2 части. В первой части студенты повторяют тему концепции НДТ (наилучших доступных технологий); тема изучалась в курсе Природосберегающие технологии. Рассматриваются ИТС НДТ по технологиям энергетики (используется сайт <https://burondt.ru/>): ИТС 48-2023 Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии. На основе выполнения ДЗ представляются данные по потенциальному изменению затрат ресурсов на единицу произведенной энергии и затрат энергии на собственные нужды предприятий теплоэнергетики при внедрении НДТ.

Во второй части семинара студенты обсуждают (по результатам самостоятельного освоения темы) образование сбросных калорийных газов в отраслях промышленности и ЖКХ: типы, масштабы, степень и технологии использования. Проводится перечень отраслей промышленности РК – потенциальных источников сбросных газов.

*Методические указания к семинару 4 по теме Инженерные методы снижения углеродоемкости в энергетике: использование возобновляемых источников энергии.*

Студенты, разделившись на группы, проводят дискуссию на основе материалов лекции и опорных конспектов по теме (домашняя работа). Обсуждаются особенности технологий возобновляемой энергетики; преимущества и недостатки (межотраслевые сравнения), выявляются стадии жизненного цикла технологий, сопровождающиеся

выбросами парниковых газов в атмосферу. Проводится сравнение удельных выбросов CO<sub>2</sub>-эквивалента в жизненном цикле объектов возобновляемой и тепловой энергетики.

Выступление студентов с докладами по темам: 1. Углеродоемкость электроэнергии, выработанной на крупных и малых ГЭС (результаты мониторинга выбросов метана на крупных водохранилищах РФ); 2. Углеродоемкость переработки отходов солнечной и ветровой энергетики; 3. Системы накопления электрической энергии: степень повышения углеродоемкости энергии от ВИЭ при создании инфраструктуры аккумулирования энергии.

*Методические указания к семинару 5 по теме Технологии возобновляемой энергетики и оценка потенциальной роли в снижении углеродоемкости. Методы оценки ресурсов возобновляемой энергетики.*

Обсуждение (с элементами консультации) источников данных и методов оценки ресурсов возобновляемых источников энергии. Выступления студентов с кратким изложением результатов расчетов (домашнее задание) ресурсов солнечной и ветровой энергии в точке и на территории. Проверочная работа по расчету потенциального производства тепловой энергии из органических отходов различного происхождения для выбранных регионов РК. Используются методики, изложенные на лекции и данные Казстата.

*Методические указания к семинару 6 по теме Инженерные методы снижения углеродоемкости в энергетике: вытеснение ископаемых органических топлив углерод-нейтральной биомассой: биоэнергетика. Безуглеродные методы генерации энергии (водородная энергетика).*

Обсуждение водорода как энергоносителя; положительные и отрицательные физические свойства водорода. Инновационные технологии хранения и получения водорода. Перспективы принятых водородных программ и стратегий в различных странах мира. Барьеры для широкого использования водорода при производстве энергии.

Обсуждение типов сырья для производства биотоплива различных поколений. Студенты, разделившись на группы, приводят аргументацию в защиту различных типов сырья с точки зрения возобновляемости, доступности, углеродного следа технологий переработки в биотопливо, масштабов использования.

Представление докладов по темам: Региональный анализ современного производства биотоплива. Роль органических отходов в формировании ресурсной базы производства энергетических ресурсов. Неконвенциональные источники ресурсов для биоэнергетики (отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности, отходы целлюлозобумажной промышленности, микроводоросли, энергетические плантации). Дискуссия.

### **6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

#### *Перечень контрольных вопросов и заданий*

*Тема 1. Введение. Предмет, методы и задачи курса; терминология предметной области. Подходы к декарбонизации (снижению углеродоемкости) производственных процессов. Концепция «электрического мира».*

1. Поясните термины углеродоемкость, декарбонизация, углеродный след, CCUS, CCS.
2. Какова причина возникновения концепции декарбонизации различных отраслей экономики и хозяйства?
3. Какова структура потребления первичной энергии по видам топлива в РК?
4. Какие отрасли хозяйства (производства) являются «полигоном» для применения технологий декарбонизации?



*Тема 2. Современные технологии традиционной энергетики и пути повышения энергоэффективности*

1. Каковы характеристики ресурсоемкость современных технологий традиционной энергетики?
2. В чем технологические отличия различных типов энергетических технологий тепловой энергетики; какие факторы определяют удельные выбросы парниковых газов при производств энергии на станциях тепловой энергетики?
3. Каковы причины использования технологий газификации угля в инфраструктуре отрасли тепловой энергетики?
4. Каков вклад различных систем охлаждения (конденсации) в выбросы парниковых газов в окружающую среду? Какой характер они носят: прямой или опосредованный?

*Тема 3. Снижение углеродного следа тепловой энергетики: современные технологии*

1. Какие современные подходы к декарбонизации в традиционной теплоэнергетике (ТЭС и котельные)?
2. Каковы методы оценки выбросы парниковых газов (ПГ) от различных теплоэнергетических объектов?
3. Каковы основные черты влияния типа и качества топлива на углеродоемкость тепловой и электрической энергии?
4. Охарактеризуйте методы сокращения выбросов ПГ в угольной энергетике.

*Тема 4. Инженерные методы снижения углеродоемкости в энергетике: использование возобновляемых источников энергии*

1. Изложите основные черты технологии солнечной фотоэнергетики и солнечной тепловой электроэнергетики. В чем принципиальные отличия технологий?
2. Отличаются ли по принципу действия ветровые горизонтально-осевые и вертикально-осевые установки? Какие обладают большим коэффициентом преобразования энергии ветра?
3. Каков принцип действия геотермальных станций прямого типа, бинарного типа? За счет чего происходит расширение ресурсной базы при использовании станций бинарного типа?
4. Какие физико-географические особенности определяют возможность применения технологий приливной энергетики?
5. На каких стадиях жизненного цикла формируется углеродный след установок возобновляемой энергетики?

*Тема 5. Технологии возобновляемой энергетики и оценка потенциальной роли в снижении углеродоемкости. Методы оценки ресурсов возобновляемой энергетики*

1. Какие физико-географические характеристики географической точки / территории определяют ресурсы ветровой и солнечной энергетики?
2. Каковы основания считать биоэнергетику нетто-нейтральной с точки зрения выбросов парниковых газов в окружающую среду?
3. Каковы общие принципы оценки биоэнергетических ресурсов, формируемых на территории/в хозяйственной деятельности?
4. Какие принципы лежат в основе оценки снижения углеродоемкости энергосистемы (региональной, государственной) при замещении энергогенерации станциями на возобновляемых источниках?

*Тема 6. Инженерные методы снижения углеродоемкости в энергетике: вытеснение ископаемых органических топлив углерод-нейтральной биомассой: биоэнергетика. Безуглеродные методы генерации энергии (водородная энергетика)*

1. Перечислите и охарактеризуйте основные источники ресурсов для биоэнергетики с учетом хозяйственной специализации территории.

2. Каковы основные технологии биоэнергетики, получившие в настоящее время промышленную реализацию и широко используемые? Являются ли они брутто-безуглеродными?
3. Охарактеризуйте современные технологии использования водорода для получения энергии. По какой причине водородная энергетика декларируется одним из основных методов достижения углеродной нейтральности?
4. Насколько непротиворечивым является утверждение «водород – экологически безопасный ресурс для получения энергии»? Насколько непротиворечивым является концепция водородной энергетике с точки зрения достижения целей декарбонизации энергетики?

*Тема 7. Методы улавливания CO<sub>2</sub> в энергетических и промышленных установках с последующим его транспортированием, захоронением, переработкой/использованием*

1. Приведите примеры технологий улавливания CO<sub>2</sub>: природными и промышленные процессы.
2. Каковы требования к адсорбционным материалам для улавливания CO<sub>2</sub>? Чем определяются требования?
3. Каковы наиболее эффективные химические реагенты для абсорбции CO<sub>2</sub>?
4. Каковы преимущества микроводородных технологий среди природных методов улавливания углекислого газа?
5. Каковы основные черты цикла Алама как метода улавливания CO<sub>2</sub> в установках тепловой энергетики?

*Тема 8. Методы и природные условия для долгосрочного захоронения CO<sub>2</sub>*

1. Какие физико-химические свойства углекислого газа являются определяющими при выборе условий для его долгосрочного захоронения?
2. Охарактеризуйте методы увеличения нефтеотдачи пластов как способы одновременного захоронения углекислого газа в подземных выработках.
3. Приведите примеры действующих проектов по захоронению CO<sub>2</sub>; месторасположения, тип геологических формаций, длительность проектов, производительность (емкость) хранилищ, средства мониторинга.

*Тема 9. Энергосбережение как метод снижения углеродоемкости. Экономика проектов CCUS*

1. Проведите сравнение стоимостных показателей отдельных этапов технологий CCUS: улавливание, транспортировка, полезное использование и хранение.
2. Какие методы применяются для оценки стоимости предотвращения выбросов.
3. Приведите примеры стоимости проектов CCUS в различных отраслях промышленности (по данным аналитических обзоров).

*Тесты текущего контроля знаний по дисциплине*

Компетенции выпускников	Вопрос	Ответ
УК-1.	Прочитайте текст и установите единственно неверное утверждение. Ответ аргументируйте Экологическая статистика Казахстана включает следующие показатели антропогенного воздействия: а) Потенциалы глобального потепления»_(ПГП) парниковых газов – это специальные коэффициенты, рассчитываемые для каждого газа исходя из способности его молекул задерживать	Объемы выбросов парникового газа не может определять значение ПГП данного газа, поскольку ПГП зависит от физико-химических свойств газов, т.е. их удельных характеристик.

	<p>тепловое излучение на временном горизонте 100 лет.</p> <p>б) Значения ПГП определяются следующими факторами:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поглощение инфракрасного излучения данным газом;</li> <li>- интересующий временной горизонт (период действия газа);</li> <li>- время жизни газа в атмосфере</li> <li>- объем выбросов в атмосферу;</li> </ul> <p>в) Для оценки выбросов парниковых газов (в том числе для расчета углеродного следа) с учетом их разных свойств вводится показатель CO<sub>2</sub>-эквивалент (CO<sub>2</sub>-экв).</p> <p>г) Для CO<sub>2</sub> ПГП принят равным 1; для остальных парниковых газов ПГП устанавливаются относительно этой базовой единицы.</p>	
УК-1.	<p><i>Прочитайте текст и установите единственно неверное соответствие</i></p> <p>К основным источникам антропогенных выбросов CO<sub>2</sub> относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) энергетика;</li> <li>б) производство цемента;</li> <li>в) нефтеочистительные заводы;</li> <li>г) заболоченные территории и бедленды;</li> <li>д) нефтехимическое производство;</li> <li>е) биоэнергетическое производство.</li> </ul>	Г Заболоченные территории являются в основном источниками метана; их нельзя отнести, строго говоря, к антропогенным источникам.
ОПК-2.	<p><i>Прочитайте текст и установите единственно неверное утверждение. Ответ подчеркните</i></p> <p>Удельный массовый выход CO<sub>2</sub> в расчете на тонну натурального топлива (т н.т.) линейно зависит от содержания углерода на рабочую массу топлива <math>C^r</math> (%) и потому:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) выше при сжигании антрацита и каменных углей по сравнению с бурыми углями;</li> <li>б) выше при сжигании антрацита по сравнению с каменным углем;</li> <li>в) практически одинаков для каменного и бурого угля, и ниже, чем для антрацита.</li> </ul>	а
ОПК-2.	<p>Удельные выбросы CO<sub>2</sub> на тонну условного топлива (т у.т.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) так же, как и в случае измерения количества угля в т н.т., линейно зависит от содержания углерода на рабочую массу топлива;</li> <li>б) практически не зависят от содержания углерода на рабочую массу топлива <math>C^r</math>;</li> <li>в) падают с ростом удельного содержания углерода в угле.</li> </ul>	б
ПК-1.	<p><i>Прочитайте текст и выберите правильный ответ. Ответ аргументируйте</i></p> <p>Общие черты какой технологии (CCS/CCUS) перечислены:</p>	CCUS Термин CCUS (Carbon capture, use, and storage) включает в

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– улавливание углекислого газа (CO<sub>2</sub>) при сжигании топлива или в промышленных техпроцессах;</li> <li>- отделение CO<sub>2</sub> из смеси газов;</li> <li>– транспортировку CO<sub>2</sub> на судах или по трубопроводу;</li> <li>– использование в качестве ресурса для создания ценных продуктов или услуг;</li> <li>– постоянное хранение глубоко под землей в геологических формациях.</li> </ul>	себя помимо этапов улавливания и захоронения также еще и использование (или переработку) CO <sub>2</sub> в производственных или иных процессах.
ПК-1.	<p><i>Прочитайте текст и выберите правильный ответ. Ответ аргументируйте</i></p> <p>Для какого вида решения по улавливанию и хранению углерода (природный и промышленный) приведено определение: строительство установок по улавливанию/выделению из газовых смесей углекислого газа и захоронение его в резервуарах выработанных месторождений нефти и газа.</p>	промышленный
ПК-3.	<p><i>Прочитайте текст и выберите все правильные ответы. Ответ аргументируйте</i></p> <p>В качестве эффективных абсорбентов при химическом выделении CO<sub>2</sub> из смеси газов используют различные реагенты. Выберите из ниже приведенного списка такие реагенты.</p> <p><i>Варианты ответа</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) этаноламины;</li> <li>б) карбонат натрия;</li> <li>в) карбонат кальция (в растворе);</li> <li>г) уротропин;</li> <li>д) сульфат кальция.</li> </ul>	а) б) г)
ПК-3.	<p><i>Прочитайте текст и выберите все правильные ответы. Ответ аргументируйте</i></p> <p>При разделении газов (в том числе, с выделением из смеси CO<sub>2</sub>) криогенным методом происходят следующие процессы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а) При абсолютном давлении 760 мм рт. ст. двуокись углерода переходит в твердое состояние при температуре –78,9 °С;</li> <li>б) путем подбора условий кристаллизация CO<sub>2</sub> происходит только на холодной стенке без выпадения снега в потоке воздуха;</li> <li>в) вымораживание (отделение твердой) двуокиси углерода производится в регенераторах или в специальных теплообменниках-вымораживателях;</li> <li>г) перед вымораживанием смесь газов пропускают через полимерные или неорганические мембраны;</li> <li>д) перед вымораживанием газовую смесь пропускают через водный раствор карбоната натрия.</li> </ul>	а) б) в) ч

ПК-8.	<p><i>Прочитайте текст и выберите единственный неверный вариант</i></p> <p>По итогам проведения энергоаудита, согласно законодательства (в РФ – это Приказ Минэнерго № 182 от 19 апреля 2010 года), формируется Энергетический паспорт предприятия, который в общем случае должен содержать сведения по:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. оснащенности средствами учета энергетических ресурсов;</li> <li>2. оснащенность средствами учета водоотведения;</li> <li>3. объему расходуемых энергетических ресурсов и его динамика;</li> <li>4. классам энергетической эффективности оборудования;</li> <li>5. процентам потери энергетических ресурсов;</li> <li>6. потенциалу энергосбережения и оценкам возможной экономии;</li> <li>7. типовому плану энергосбережения и повышения энергоэффективности.</li> </ol>	<p>2 Водоотведение не влияет непосредственно на энергозатраты объекта и не подвергается оптимизации в результате энергоаудита.</p>
ПК-8.	<p><i>Прочитайте текст и выберите единственный неверный вариант</i></p> <p>энергетической инфраструктуры объекта. Цели и задачи энергоаудита:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) выявление источников нерациональных энергозатрат и неоправданных потерь энергии,</li> <li>2) выявление источников энергоснабжения – электроэнергии и тепла;</li> <li>3) определение показателей энергетической эффективности,</li> <li>4) определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности,</li> <li>5) разработка целевой, комплексной программы энергосбережения.</li> </ol>	<p>2 Заведомо известно, каков источник энергоснабжения (сетевого или автономного) объекта; данная задача не входит в состав задач аудита.</p>

#### *Вопросы для промежуточного опроса*

1. Понятие декарбонизации, углеродоемкости экономики и производственных процессов.
2. Сферы снижения энергоемкости в современном хозяйстве.
3. Страны - лидеры в разработке и реализации технологических исследований в области декарбонизации экономики (причины, физико-географически и экономические факторы).
4. Технологические (инженерные) направления снижения углеродоемкости экономики.
5. Биологические методы снижения углеродоемкости: энергетические леса, лесовосстановление.
6. Роль альтернативных видов биомассы для улавливания углекислого газа (травянистые растения, микроводоросли).

7. Значение природных условий для использования различных инженерных методов снижения углеродоемкости.
8. Понятие, методы оценки и распределение ресурсов для развития различных отраслей возобновляемой энергетики.
9. Природные условия для захоронения углекислого газа после улавливания (геологические формации, подводное захоронение).
10. Потенциал использования биологических методов интенсификации поглощения углекислого газа из атмосферы.
11. Удельные затраты на снижение углеродоемкости производственных процессов.
12. Сценарии декарбонизации энергетики и сравнительный анализ прогнозов финансовых вложений на проведение декарбонизации: глобальные и страновые оценки.
13. Понятие приведенной стоимости электроэнергии (LCOE – levelized cost of energy). Текущие показатели LCOE в различных секторах электроэнергетики; тенденции изменения LCOE в возобновляемой энергетике.
14. Понятие и характерные значения КПД основных типов электростанций, коэффициента использования установленной мощности (КИУМ); их влияние на эффективность декарбонизации в энергетике.
15. Критерии и характеристики энергоэффективности в различных отраслях хозяйства.
  - а. Энергоемкость ВВП. Тенденции изменения удельных показателей затрат ресурсов на производство энергии.
16. Современные технологии в тепловой энергетике (паросиловые, парогазовые, газотурбинные электростанции) и их характеристики.
17. Использование низкопотенциального (сбросного) тепла в энергетике и промышленности как метод повышения энергоэффективности.
18. Использование побочных высококалорийных продуктов промышленных производств (типы промышленных процессов, потенциал производства высококалорийных продуктов, технологии использования).
19. Отрасли промышленности России, формирующие высококалорийные побочные продукты. Географическое распределение потенциала сбросных калорийных газов.
20. Ветровая и солнечная энергетика: современные методы повышения эффективности использования ресурсов.
21. Малая гидроэнергетика; технологии волновой и приливной энергетики: перспективные проекты (в России и мире).
22. Геотермальная энергетика; технологии комплексного использования геотермальных ресурсов.
23. Гибридные энергоустановки.
24. Тенденции развития возобновляемой энергетики в мире и перспективные ниши ее развития в России.
25. Проблемы неоднородности во времени и пространстве производства энергии от возобновляемых источников энергии.
26. Потребности в аккумулировании энергии и тенденции технологического развития в области накопителей энергии.
27. Производство энергии на основе безуглеродных технологий:
  - 1) атомная энергетика и перспективы термоядерного синтеза;
  - 2) водородная энергетика.
28. Инновационные решения в области атомной энергетики: реакторы-размножители и замкнутый углеродный цикл, реакторы малой мощности.

29. Специфика водородной энергетики: методы использования водорода для выработки энергии; проблемы получения водорода; энергоемкость производства водорода; альтернативные методы получения водорода.

30. Экономические оценки затрат на развитие крупномасштабной водородной энергетики.

31. Биотопливо первого, второго и третьего поколения; краткая история и современные тенденции развития биоэнергетики; ресурсы биоэнергетики; использование методов селекции и генной инженерии в биоэнергетике.

32. Современные методы переработки отходов биомассы с попутным получением энергопродуктов: метаногенез, пиролиз, газификация, сжижение биомассы, производство топливных пеллет, ферментативный гидролиз биомассы, получение разложимых биополимеров.

33. Микроводоросли и другие альтернативные виды биомассы для снижения углеродоемкости производства энергии и поглощения углекислого газа

34. Концепции carbon capture and storage – CCS и carbon capture, storage and using – CCSU.

35. Потенциал улавливания углекислого газа от различных источников выбросов.

а. Использование углекислого газа в отраслях промышленности. Объемы образования и использования углекислого газа в промышленных процессах. Проблемы переработки углекислого газа во вторичные продукты.

36. Технологии улавливания и транспортировки углекислого газа в промышленности и энергетике.

37. Оценки энергетических и финансовых затрат на процессы улавливания и транспортировки углекислого газа.

#### *Примерные темы докладов*

*Тема 1. Введение. Предмет, методы и задачи курса; терминология предметной области. Подходы к декарбонизации (снижению углеродоемкости) производственных процессов. Концепция «электрического мира».*

1. Доклады по эссе (домашнее задание) на тему: Задачи декарбонизации экономики, с какими природными явлениями связаны сформированные на общемировом уровне требования к сокращению углеродного следа производственных процессов.

*Тема 2. Современные технологии традиционной энергетики и пути повышения энергоэффективности*

2. Доклады по эссе (домашнее задание) на тему: 1. Технология газификации угля; характеристика, ограничения; 2. Подземная газификация угля: технология, экологические проблемы и ограничения; 3. Газификация угля: примеры проектов, масштабы использования, экономические характеристики

*Тема 4. Инженерные методы снижения углеродоемкости в энергетике: использование возобновляемых источников энергии.*

3. Прогресс технологий в области солнечной энергетике и ее влияние на ресурсоемкость и выбросы в окружающую среду в течение жизненного цикла.

4. Оффшорная ветровая энергетика: стимулы развития, особенности технологий, уровень углеродоемкости и влияние на окружающую среду.

5. Геотермальная и традиционная тепловая энергетика: аналогии и различия; сравнительный анализ углеродоемкости произведенной энергии.

6. Физико-географические ограничения и перспективы развития приливной и волновой энергетике.

*Тема 6. Инженерные методы снижения углеродоемкости в энергетике: вытеснение ископаемых органических топлив углерод-нейтральной биомассой: биоэнергетика. Безуглеродные методы генерации энергии (водородная энергетика)*

7. Региональный анализ современного производства биотоплива.

8. Роль органических отходов в формировании ресурсной базы производства энергетических ресурсов.

9. Неконвенциональные источники ресурсов для биоэнергетики (отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности, отходы целлюлозобумажной промышленности, микроводоросли, энергетические плантации)

*Тема 7. Методы улавливания CO<sub>2</sub> в энергетических и промышленных установках с последующим его транспортированием, захоронением, переработкой/использованием.*

10. Крупнейшие проекты улавливания, транспортировки и захоронения углекислого (природные условия, экономические характеристики, возможности тиражирования).

11. Особенности технологии кислородного сжигания топлива (цикл Алама). Перспективы применения технологии и продуктивность в части снижения углеродоемкости тепловой энергетики.

*Тема 9. Энергосбережение как метод снижения углеродоемкости. Экономика проектов CCUS.*

12. Доклады по эссе (домашнее задание) на тему: 1. Типы фотосинтезирующих организмов (биомассы), которые в настоящее время рассматриваются в качестве наиболее перспективных для улавливания CO<sub>2</sub> из атмосферы и дымовых газов. Преимущества водных организмов. 2. Сравнительный анализ удельных затрат на различных стадиях процессов: улавливания, захоронения, вторичного использования CO<sub>2</sub>.

#### **6.4 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации (зачет)**

##### *Раздел Современные технологии тепловой энергетики*

1. Дайте определение термина «тепловая электростанция». Какие виды тепловых электростанций вы знаете? Какие типы тепловых станций используются в РК? Опишите принцип работы конденсационной электростанции. Что отражает термин «конденсационная»?

2. Какие функции в конденсационной электростанции выполняет конденсатор? Поясните принцип работы градирни на тепловой (конденсационной) электростанции (на выбор тип градирни – сухая или мокрая). Преимущества, недостатки.

3. Какие функции в конденсационной электростанции выполняет конденсатор? Назначение и принципы использования водоемов-охладителей. Экологические проблемы, возникающие при использовании водоемов-охладителей тепловых электростанций.

4. Дайте определение термина «теплоэлектроцентрль». Чем ТЭЦ отличается конструктивно (составом оборудования, функциями) от тепловых электростанций? Объясните термины «тепловой график нагрузки», «электрический график нагрузки». Каковы основные показатели экономичности ТЭЦ?

5. Каков принцип работы газотурбинных электростанций? Какова роль (доля) газотурбинных электростанций в электроэнергетическом балансе Казахстана (по результатам выполнения заданий по курсу).

6. Каков принцип работы парогазовых электростанций? Преимущества и недостатки этого типа электростанций. Проблемы использования твердого топлива на ПГЭС. Методы решения.

7. Охарактеризуйте метод снижения выбросов парниковых газов в угольной энергетике: использование в качестве топлива водородсодержащих смесей и водорода. Достоинства и недостатки метода.



### *Раздел Технологии возобновляемой энергетики*

1. Дайте определение и приведите классификацию видов возобновляемых источников энергии. Какой источник энергии имеет самый большой природный потенциал? Какие виды энергии могут быть получены из возобновляемых источников? Перечислите преимущества генерации энергии из возобновляемых источников – ресурсные и экологические.

2. Особенности возобновляемых источников энергии (малая плотность потоков энергии, непостоянство, истощаемость в региональном масштабе) и их влияние на конкурентоспособность возобновляемой энергетики.

3. Какие факторы способствуют использованию ВИЭ в стране/регионе, а какие являются препятствиями? Приведите примеры стран с высокой и низкой долей возобновляемой энергетики в энергобалансе страны. Как определяется выровненная себестоимость энергии от различных источников (LCOE)? Какие факторы на нее влияют?

4. Приведите примеры стран и регионов мира – лидеров развития: ветроэнергетики, гидроэнергетики, солнечной энергетики, геотермальной энергетики, биоэнергетики (отрасли возобновляемой энергетики – по выбору). Объясните, с чем связано их лидерство.

5. Понятие коэффициента использования установленной мощности (Киум). Характерные значения Киум станций на ВИЭ, тепловых и атомных электростанций. Чем определяются различия в коэффициенте использования установленной мощности станций на возобновляемых источниках энергии и станций тепловой и атомной энергетики?

6. Солнечная тепловая энергетика (производство тепловой энергии): характеристика технологий, виды получаемой полезной энергии, ниши применения.

7. Принцип действия солнечных тепловых электростанций. Основные элементы станции; типы солнечных ТЭС. Проблемы использования и причины высокой себестоимости произведенной энергии.

8. Солнечная фотоэнергетика: характеристика технологий, материалы для фотоэлектрических модулей и воздействие на окружающую среду процесса их производства.

9. Ветровая энергетика: характеристика технологий, виды ветровых установок, экологические аспекты использования.

10. Геотермальная энергетика: источник ресурсов, пространственное распределение геотермальных ресурсов (основные регионы высоких геотермальных ресурсов в мире, России), виды получаемой полезной энергии.

11. Геотермальная энергетика: характеристика технологий, прямой и бинарный цикл производства электроэнергии на геотермальных станциях.

12. Регионы с максимальным ресурсом для развития геотермальной энергетики; какими природными процессами определяется их месторасположение?

13. Характеристика технологий малой гидроэнергетики; классификация малых гидроэлектростанций; проблема истощаемости ресурсов малой гидроэнергетики.

14. Ресурсы для биоэнергетики. Какие отрасли хозяйства формируют ресурсы биомассы для получения энергии? Какие типы специально выращенных сельскохозяйственных культур используются для производства биодизеля? То же – биоэтанола?

15. Охарактеризуйте технологию производства биоэтанола и его производных из биомассы: а) принцип действия систем/установок; б) источники сырья.

16. Назовите основные факторы экономической эффективности электростанций на возобновляемых источниках энергии (солнечных, ветровых, гидроэлектростанций – по выбору), сильные и слабые экономические стороны возобновляемой энергетики по сравнению с углеводородной. Выровненная стоимость электроэнергии (LCOE) – методы расчета. Сравните основные статьи затрат для электростанций на ВИЭ и на ископаемом углеводородном топливе (газе, угле).

17. Охарактеризуйте технологию производства биоэтанола в качестве моторного топлива: а) принцип действия систем/установок; б) источники сырья.
18. Охарактеризуйте технологию производства биодизеля из биомассы: а) принцип действия систем/установок; б) источники сырья.
19. Охарактеризуйте технологию анаэробной ферментации биомассы: а) принцип действия систем/установок; б) сырье и какие энергетические продукты при этом получаются.
20. Охарактеризуйте технологию получения и использования свалочного газа: а) принцип действия систем/установок; б) источники сырья.
21. Сравнительный анализ экологических последствий использования малой и крупномасштабной гидроэнергетики.
22. Потенциалы возобновляемой энергетики (определения). Валовый потенциал солнечной энергии: методы определения (в точке и на территории); источники данных.
23. Валовый и технический потенциал ветровой энергии: определение. Методы расчета валового и технического потенциала ветровой энергии в точке. Источники данных.
24. Ресурсы, валовый и технический энергетический потенциал биомассы. Алгоритм их расчёта (на примере одного вида органических отходов – по выбору).

#### *Раздел Методы извлечения и захоронения углекислого газа*

1. Охарактеризуйте термины:
- декарбонизация экономики,
  - парниковые газы (перечислить),
  - потенциал глобального потепления (парниковых газов),
  - углеродный след.
- Какие отрасли хозяйства (промышленность, сельское хозяйство) являются основными источниками парниковых газов?
2. Что означает термин «энергетический переход»? Охарактеризуйте основные составляющие IV энергетического перехода. Какие составляющие энергоперехода вам кажутся наиболее перспективными (эффективными) для снижения эмиссии парниковых газов в окружающую среду?
8. Каковы возможные методы снижения углеродоемкости в тепловой энергетике на ископаемом топливе? Методика оценки выбросов парниковых газов от объектов теплоэнергетики (основные положения).
9. Влияние типа и качества топлива на выбросы парниковых газов (ПГ) в тепловой энергетике. Охарактеризуйте методы сокращения выбросов ПГ в угольной энергетике (приведите 2-3 метода). Возможные негативные последствия применения этих методов (социальные, экономические).
10. Охарактеризуйте метод снижения выбросов парниковых газов в угольной энергетике: использование в качестве топлива водородсодержащих смесей и водорода. Достоинства и недостатки метода.
14. Общая классификация методов улавливания CO<sub>2</sub>. Технологии поглощения CO<sub>2</sub> из газовых смесей: адсорбция.
15. Общая классификация методов улавливания CO<sub>2</sub>. Технологии поглощения CO<sub>2</sub> из газовых смесей: химическая абсорбция.
16. Общая классификация методов улавливания CO<sub>2</sub>. Технологии поглощения CO<sub>2</sub> из газовых смесей: криогенные методы, мембранное разделение, прямая сепарация, использование интенсивно растущих фотосинтезирующих организмов (микроводоросли). Сравнительный анализ методов (достоинства-недостатки).
17. Общая классификация методов улавливания CO<sub>2</sub>. Технологии поглощения CO<sub>2</sub> из газовых смесей: кислородное сжигание, цикл Алама (общее понятие).
18. Методы транспортировки CO<sub>2</sub>. Сравнительный анализ.

19. Методы увеличения нефтеотдачи пластов: общее понятие, причины применения. Классификация методов. Тепловые методы: виды, краткая характеристика принципа действия метода внутрипластового горения.

20. Методы увеличения нефтеотдачи пластов (МУН): виды, краткая характеристика принципа действия газовых и химических МУН.

21. Методы увеличения нефтеотдачи пластов (МУН): виды, краткая характеристика принципа действия гидродинамических МУН и методов увеличения дебитов скважин.

22. Основные физико-химические свойства диоксида углерода, важные для организации захоронения в подземных и подводных геологических структурах.

23. Типы геологических структур, пригодных для закачки CO<sub>2</sub>; краткая характеристика этих структур.

24. Особенности взаимодействия углекислого газа с горными породами, морской и пластовой водой при хранении его в геологических структурах.

25. Общие принципы организации захоронения CO<sub>2</sub> в геологических структурах. Пространственное распределение и примеры действующих проектов.

26. Водород как энергоноситель; почему водород не является первичным источником энергии. Методы получения водорода.

27. Современная классификация водорода с точки зрения методов его получения («цвет» водорода в зависимости от технологии его получения). Основные препятствия для развития водородной экономики.

28. Структура себестоимости улавливания и захоронения углекислого газа; диапазон значений себестоимости. Как рассчитывается стоимость предотвращения выбросов CO<sub>2</sub>?

29. Риски современных технологий улавливания и захоронения углекислого газа.

30. Цементная промышленность как источник выбросов CO<sub>2</sub>.

#### 6.5. Критерии оценивания для всех видов оценочных средств, входящих в фонд оценочных средств по дисциплине

Критерии и показатели оценивания результатов обучения для экзамена				
неудовлетворительно		удовлетворительно	хорошо	отлично
Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о современной терминологии, показателях и концепции декарбонизации (снижения углеродоемкости)	Сформированные в общем виде знания о терминах, показателях и концепции декарбонизации (снижения углеродоемкости)	Сформированные в общем и детальном виде знания о методах, терминах и концепции декарбонизации (снижения углеродоемкости), характеризующиеся незначительными пробелами	Безошибочные систематизированные в общем и детальном виде знания о методах, терминах и концепции декарбонизации (снижения углеродоемкости)
Отсутствие знаний	Слабые знания основных характеристик технологий традиционной энергетики, особенностей ресурсной	Знание некоторых основных характеристик технологий традиционной энергетики, особенностей ресурсной базы, допускаются	Знает основные характеристики технологий традиционной энергетики, включая тепловую энергетику, однако допускает	В совершенстве знает основные характеристики технологий традиционной энергетики, включая тепловую энергетику, основные аспекты

	базы как основы углеродного следа отрасли	значительные ошибки при характеристике технологий современной тепловой энергетики.	незначительные ошибки	значимости ресурсной базы и пути формирования углеродного следа отрасли.
Отсутствие знаний	Отсутствует понимание роли инновационных технологий, изменений в ресурсной базе тепловой энергетике, мер энергоэффективности и ресурсосбережения в снижении углеродоемкости традиционной энергетики.	Знаком лишь в общих чертах с основными технологиями, методами и подходами к снижению углеродоемкости традиционной энергетики, однако не может детализировать эффективность и масштабы их применения.	Может назвать технологии, методы и подходы к снижению углеродоемкости традиционной энергетики, однако допускает ошибки при анализе отдельных аспектов проблемы	Может безошибочно охарактеризовать инновационные технологии, изменения в ресурсной базе тепловой энергетике, меры энергоэффективности и ресурсосбережения в целях снижения углеродоемкости отрасли.
Отсутствие знаний	Не может изложить основные принципы технологий возобновляемой энергетики, условия и масштабы их использования в различных регионах мира.	Отчасти владеет информацией о существующих наиболее распространенных технологий возобновляемой энергетики, но не может назвать физико-географические условия, необходимые для их использования в заданном регионе.	Может назвать основные особенности и характеристики технологий возобновляемой энергетики, их объективную ограниченность, однако допускает значимое число ошибок при выделении факторов, определяющих возможность их использования в заданных физико-географических и социально-экономических условиях.	Может назвать основные особенности и характеристики технологий возобновляемой энергетики, их объективную ограниченность. Уверенно описывает факторы, определяющие возможность их использования в заданных физико-географических и социально-экономических условиях
Отсутствие умений	Отсутствует представление о методах и источниках	Понимает основные принципы расчетов ресурсов и	Может самостоятельно проводить расчеты основных	Умеет самостоятельно на основе метеорологических

	данных для определения ресурсов возобновляемой энергетики в конкретном регионе.	производительность и станций возобновляемой энергетики, но не умеет адекватно оценивать и находить источники данных для оценки, проводить их верификацию.	характеристик солнечных, ветровых и биоэнергетических ресурсов, знает методы оценки производительности установок и станций, однако допускает ошибки в трактовках (оценке результатов) и методов верификации результатов.	и статистических показателей создавать оценки ресурсной базы возобновляемой энергетики (ряд отраслей) на заданной территории, оценивать их на адекватность, проводить сравнительный анализ.
Отсутствие умений	Отсутствует понимание о современных технологиях, ресурсной базе биоэнергетики и ее потенциальной роли в декарбонизации тепловой энергетики.	Минимальное представление о современных технологиях, ресурсной базе биоэнергетики и ее потенциальной роли в декарбонизации тепловой энергетики. Не имеет представления о безуглеродных методах производства энергии (атомная, водородная энергетика).	Хорошо ориентируется в технологиях, ресурсной базе биоэнергетики и ее потенциальной роли в декарбонизации тепловой энергетики, однако недостаточно знаком с принципом нетто-нулевых выбросов CO <sub>2</sub> при использовании биомассы для получения энергии. Слабое представление о водородной энергетике.	Безошибочно характеризует технологии, ресурсную базу биоэнергетики и ее потенциальную роль в декарбонизации тепловой энергетики, знаком с принципом нетто-нулевых выбросов CO <sub>2</sub> при использовании биомассы для получения энергии. Ориентируется в технологиях и ограничениях концепции водородной энергетике; знает общие черты государственных программ по водородной энергетике.
Отсутствие владения	Отсутствует понимание об основных методах улавливания CO <sub>2</sub> в производственных процессах. Не знает концепции и	Владеет некоторым представлением об основных методах улавливания CO <sub>2</sub> , однако слабо представляет способы транспортировки, захоронения и вторичного	Уверенно ориентируется в основных методах улавливания CO <sub>2</sub> , однако допускает ошибки при характеристике способов транспортировки, захоронения и	Умеет самостоятельно описывать и анализировать преимущества основных методов улавливания CO <sub>2</sub> , способы транспортировки, захоронения и вторичного

	методы реализации принципов CCS, CCUS.	использования CO <sub>2</sub> .	вторичного использования CO <sub>2</sub> .	использования CO <sub>2</sub> .
Отсутствие владения	Отсутствует представление о методах и природных условиях, необходимых для долгосрочного захоронения CO <sub>2</sub> в геологических формациях.	Обладает слабыми знаниями о методах и природных условиях, необходимых для долгосрочного захоронения CO <sub>2</sub> , однако знает единичные примеры проектов по захоронению.	Обладает хорошим базисом знания в области оценки природных условий, необходимых для долгосрочного захоронения CO <sub>2</sub> . Знает примеры проектов и их особенности для проведения сравнительного анализа, однако допускает ошибки при определении недостатков методов или иных их характеристиках, приводящих к росту затрат на захоронение углекислого газа.	Уверенно и безошибочно характеризует современные методы в области захоронения углекислого газа; проводит анализ промышленных и пилотных проектов, имеет хорошие навыки в определении связи успешности проектов и природно-географических условий их осуществления.
Отсутствие владения	Не владеет основами методов оценки экономических затрат на осуществление проектов улавливания, захоронения и вторичного использования CO <sub>2</sub> . Слабо представляет сложившиеся подходы к декарбонизации отраслей промышленности и энергетики.	Фрагментированно владеет характеристиками и основами методов оценки экономических затрат на осуществление проектов улавливания, захоронения и вторичного использования CO <sub>2</sub> . Может с ошибками перечислить сложившиеся подходы к декарбонизации отраслей промышленности и энергетики.	Владеет знаниями и навыками определения экономических затрат на осуществление проектов улавливания, захоронения и вторичного использования CO <sub>2</sub> ., однако допускает значимые ошибки в анализе и сравнении сложившихся подходов к декарбонизации отраслей промышленности и энергетики	В совершенстве владеет основами методов оценки экономических затрат на осуществление проектов улавливания, захоронения и вторичного использования CO <sub>2</sub>

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1 Основная литература:**

1. Исследование путей и темпов развития низкоуглеродной энергетики в России // А.А. Макаров, А.В. Кейко, В.А. Малахов и др.; под ред. А.А. Макарова. — М. : ИНЭИ РАН, 2022. — 138 с. [https://www.eriras.ru/files/inei\\_2022\\_makarov.pdf](https://www.eriras.ru/files/inei_2022_makarov.pdf)
2. Возобновляемая энергетика в контексте регионального развития / Е. И. Голубева, С. В. Киселёва, Н. И. Чернова и др. — Москва: ФГБУ Издательство Наука, 2021. — 248 с.
3. Кейко А.В. Перспективные энергетические технологии : Курс лекций. — Москва: ИНЭИ РАН, 2024. — 222 с.
4. Фортов В.Е., Попель О.С. Возобновляемая энергетика в современном мире. Учебное пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2015. 450 с.

### **7.2 Дополнительная литература:**

1. С. П. Филиппов Переход к углеродно-нейтральной экономике: возможности и пределы, актуальные задачи//Теплоэнергетика. 2024. № 1. [https://www.eriras.ru/files/filippov\\_perekhod\\_k\\_uglerod\\_neytralnoy\\_ekonomike\\_teploenergetika\\_n1\\_2024.pdf](https://www.eriras.ru/files/filippov_perekhod_k_uglerod_neytralnoy_ekonomike_teploenergetika_n1_2024.pdf)
2. Ф. Веселов, А. Хоршев, И. Ерохина, Р. Аликин Исследование направлений и сопутствующих затрат при снижении эмиссии углерода в электроэнергетике до 2050 года с учетом межотраслевых факторов//Проблемы прогнозирования. 2023. № 6.
3. Ю. Плаkitкин. Глобальный энергопереход в трансформациях мирового развития, задачи по адаптации отраслей ТЭК России //В сборнике "Технологическое развитие отраслей ТЭК для достижения углеродной нейтральности экономики России" — М.: Издательский дом МЭИ. ИНЭИ РАН. 2023. С. 52-60.
4. Ф. Веселов, И. Ерохина, А. Макарова, А. Соляник, Л. Урванцева Масштабы и последствия глубокой декарбонизации российской электроэнергетики//Теплоэнергетика. 2022. № 10.
5. Декарбонизация российской энергетики: актуальное состояние. Обзор, аналитика, мнения. POLITIQ. Электронный ресурс. Режим доступа: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://skills.politiq.ru/wp-content/uploads/2023/06/Dekarbonizacziya-rossijskoj-energetiki-1.pdf>
6. Башмаков И.А. Перспективы развития и декарбонизации цементной промышленности мира// Фундаментальная и прикладная климатология, т. 9, № 1, 2023. 33-64.
7. Декарбонизация в нефтегазовой отрасли: международный опыт и приоритеты России. Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО.2021. Электронный ресурс. Режим доступа: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_Decarbonization\\_of\\_oil\\_and\\_gas\\_RU\\_22032021.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Decarbonization_of_oil_and_gas_RU_22032021.pdf)

### **7.3 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Сайт ГИС ВИЭ России: <http://gisre.ru/>
2. Сайт международного энергетического агентства (IEA), статистические данные: <http://www.iea.org/stats/>
3. Справочники наилучших доступных технологий. Сайт Бюро НДТ: <http://www.burondt.ru/index/its-ndt.html>.
4. Система управления отходами в странах ЕС//Переработка и утилизация отходов [<http://waste-nn.ru/sistema-upravleniya-othodami-v-stranah-es/>]

5. Официальный сайт Института энергетических исследований РАН. Раздел Публикации. <https://www.eriras.ru/data/4/rus>.

#### **7.4 Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

1. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» [Электронный ресурс]: Доступ к полным текстам по паролю и логину – Режим доступа: <https://biblioclub.ru/>

2. Электронная библиотечная система «Юрайт» [Электронный ресурс] : Доступ к полным текстам по паролю и логину – Режим доступа: <https://urait.ru/http://www.biblio-online.ru/>

3. Электронная библиотечная система «Лань» [Электронный ресурс] : Доступ к полным текстам по паролю и логину – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>

Казахстанская Национальная Электронная библиотека КазНЭБ [Электронный ресурс]: Доступ свободный <http://kazneb.kz/>

#### **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Инженерные методы снижения углеродоемкости»**

Для проведения учебных занятий используются:

- аудитории для проведения лекционных, семинарских занятий и аудиторий для самостоятельной работы;
- Мультимедийное оборудование: 1 проектор SANYO, 1 экран, 1 ноутбук Toshiba, микрофон;
- Программное обеспечение: OpenOffice, Adobe Acrobat Reader.

**Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартам по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользования**

#### **Разработчики:**

Киселева Софья Валентиновна, к.ф.-м.н., в.н.с. НИЛ возобновляемых источников энергии географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова

**Рабочая программа одобрена на заседании кафедры экологии и природопользования Казахстанского филиала МГУ**

Протокол № 8 от 19 мая 2024 г.

Заведующий кафедрой  
экологии и природопользования  
Казахстанского филиала МГУ,  
д.г.н., профессор



Битюкова В.Р.