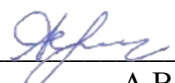


**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Казахстанский филиал**

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



А.В. Сидорович

НИЗКОУГЛЕРОДНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ

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

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 «Низкоуглеродные энергетические проекты»

Целью освоения дисциплины является формирование знаний об основных отраслях экономики, где возможно применение методов снижения энергоемкости, а также о конкретных технологиях – реализованных и перспективных – снижения углеродоемкости энергетических объектов. 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 энергоемкости производственных процессов и реализации низкоуглеродных энергетических проектов;
- изучение конкретных технологий снижения углеродоемкости в отраслях промышленности (с акцентом на энергетику) – 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 относится к дисциплине по выбору основной профессиональной образовательной программы подготовки магистров по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользование. Дисциплина изучается во 2семестре, на 1 курсе.

Изучению данной дисциплины предшествуют дисциплины: Основы оценки углеродного цикла производств Прикладные информационные технологии в экологии и природопользовании. Является основой для дисциплин Стратегии низкоуглеродного развития городов и регионов; Территориальная структура природно-хозяйственного потенциала регионов Казахстана, а также для прохождения, производственной и преддипломной практик.

3. Требования к результатам освоения дисциплины.

Компетенции выпускников (коды, указание: формируется частично или полностью)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с компетенциями
УК-1 (формируется частично). Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий, формулировать научно обоснованные гипотезы, применять методологию научного познания в	Знать: методы исследования производственных процессов с точки зрения углеродоемкости и альтернативные технологии для сокращения углеродного следа
	Уметь: проводить оценку углеродоемкости производственных процессов и эффективности альтернативных (замещающих) технических решений и технологий
	Владеть: методами исследования отраслей хозяйственной деятельности как источников и стоков парниковых газов.

профессиональной деятельности.	
ОПК-2 (формируется частично). 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.
ПК-1 (формируется частично). 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.
ПК-3 (формируется частично). 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.
ПК-8 (формируется частично). Способен к экспертно-аналитической деятельности в сфере экологии и природопользования, планированию и выполнению профильных прикладных исследований с использованием современных подходов и методов.	<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 снижения ее при использовании альтернативных инженерных решений.

3.2 Форма проведения учебных занятий по дисциплине

Вид работы	Трудоемкость (в академических часах)
Общая трудоемкость	108
Аудиторная работа:	36
Лекции	12
Семинары	24
Лабораторные работы	
Самостоятельная работа:	72
Курсовой проект, курсовая работа	
Расчетно-графическое задание	
Решение задач	5
Написание реферата	
Написание эссе	5
Самостоятельное изучение разделов	20
Контрольная работа	5
Подготовка к тестированию	
Подготовка к коллоквиуму	
Подготовка к устному или письменному ответу по темам дисциплины	5
Обработка библиографических данных	
Подготовка докладов по теме дисциплины	5
Подготовка презентаций по теме дисциплины	5
Индивидуальное собеседование	
Составление конспекта научных работ по теме дисциплины	
Составление опорных конспектов по теме	
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	20
Подготовка и сдача экзамена	2
Вид промежуточного контроля	зачет

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

4.1. Объем дисциплины Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных 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, <u>включая СРМ</u> и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра). Форма промежуто чной аттестации (по семестрам)
				лекц ия	сем ина р	СР М	
1	Тема 1. Введение. Предмет, методы и задачи курса; терминология и цели декарбонизации.	2	1	1	2	8	Эссе Защита докладов Расчетно- графическое задание
2	Тема 2. Проектный цикл низкоуглеродного энергетического проекта	2	2	1	2	8	Письменная работа
3	Тема 3. Современные технологии традиционной энергетики и пути повышения энергоэффективности	2	3-4	1	2	8	Письменная работа
4	Тема 4. Снижение углеродного следа тепловой энергетики: меры и технологические решения	2	5-6	2	2	8	Письменная работа Расчетно- графическое задание
5	Тема 5. ВИЭ и накопители энергии: технологии, гибридные решения и сетевые эффекты.	2	6-8	2	4	8	Письменная работа Расчетно- графическое задание
6	Тема 6. Методика оценки ресурсов и размещения объектов ВИЭ (GIS-подход).	2	9	2	4	8	Письменная работа
7	Тема 7. Биоэнергетика и водородная энергетика (безуглеродная генерация).	2	10	1	2	8	Расчетно- графическое задание
8	Тема 8. Улавливание, транспортировка, использование и захоронение CO ₂	2	11	1	4	8	Письменная работа
9	Тема 9. Геологические и иные условия для долговременного хранения CO ₂ .	2	12	1	2	8	Устный опрос; письменная работа
	Промежуточная аттестация	2					зачет

	Итого:			12	24	72	108
--	---------------	--	--	-----------	-----------	-----------	------------

4.2. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение. Предмет, методы и задачи курса; терминология и цели декарбонизации.

Понятия углеродоёмкости и декарбонизации; драйверы (климатические цели, NDC, ESG-требования); структура топливно-энергетического комплекса (ТЭК); история и дискуссии вокруг энергетического перехода; источники данных и обзоры технологий.

Задания для самостоятельной работы:

Эссе о задачах декарбонизации экономики и природных предпосылках требований к снижению углеродного следа.

Диаграмма структуры потребления первичной энергии в РК; расчёт годовых выбросов ПГ для выбранного региона РК по структуре генерации; динамика средней годовой температуры (RP5; NASA POWER).

Тема 2. Проектный цикл низкоуглеродного энергетического проекта.

Инициация → предпроектные исследования → ТЭО → финансовая модель → проектирование → строительство → эксплуатация; риски и допущения; стандарты измерения-отчётности-верификации (MRV), валидация базовой линии и дополнительности; принципы M&V для мероприятий по энергоэффективности.

Задания для самостоятельной работы:

Черновик технического задания для пилотного проекта в области повышения энергоэффективности

Реестр рисков с мерами снижения.

Тема 3. Современные технологии традиционной энергетики и пути повышения энергоэффективности.

ТЭС: паротурбинные, газотурбинные, парогазовые, когенерация; КПД и КИУМ; структура топлива; газификация угля и её ограничения; потери на собственные нужды; направления повышения эффективности как способ снижения углеродоёмкости.

Задания для самостоятельной работы:

Структура и география мощностей ТЭС в РК (динамика 5–10 лет).

Эссе: технология газификации угля (поверхностная/подземная), экологические и экономические ограничения, примеры проектов.

Тема 4. Снижение углеродного следа тепловой энергетики: меры и технологические решения.

Переход с угля на природный газ; внедрение ПГУ; повышение КПД; вывод устаревшего оборудования; смешение с водородсодержащими газами; использование сбросного тепла и высококалорийных побочных продуктов промышленности; источники и потенциалы.

Задания для самостоятельной работы:

Обзор отраслевых НДТ и оценка потенциала снижения удельного расхода топлива для выбранного процесса.

Перечень и карта источников высококалорийных побочных газов/продуктов в РФ/РК.

Тема 5. ВИЭ и накопители энергии: технологии, гибридные решения и сетевые эффекты.

Солнечная (PV/тепловая), ветровая, малая ГЭС, волновая/приливная, геотермальная; гибридные установки; проблема неравномерности, балансирование и диспетчеризация; накопители (электрохимические, гидроаккумулируемые, термические); интеграция в сеть.

Задания для самостоятельной работы:

Опорный конспект по выбранным направлениям ВИЭ с описанием принципов, продуктов и регионов ресурсов (РК/РФ).

Обзор масштабов применения, стран-лидеров по мощности и производству оборудования; меры господдержки.

Тема 6. Методика оценки ресурсов и размещения объектов ВИЭ (GIS-подход).

Критерии пригодности площадок; источники данных (климат/ветер/инсоляция/сеть/экология/инфраструктура); методики расчёта технического потенциала для солнечных и ветровых проектов; верификация данных; экономические критерии конкурентоспособности.

Задания для самостоятельной работы:

Сбор данных (NASA POWER, Global Solar Atlas, Global Wind Atlas и др.) для 2–3 точек региона РК/РФ и расчёт технического потенциала.

Оценка потенциала биоэнергетики по статистике (ТБО, ОСВ, агро- и животноводческие отходы) для выбранного региона РК.

Тема 7. Биоэнергетика и водородная энергетика (безуглеродная генерация).

Биотоплива 1–3 поколений; сырьё, WtE-технологии (метаногенез, пиролиз, газификация, сжижение, пеллетирование, ферментативный гидролиз), микро-водоросли; «зелёный/голубой/бирюзовый» водород, носители, применение, LCOH и энергоёмкость производства; инновации в атомной энергетике (SMR, замкнутый топливный цикл).

Задания для самостоятельной работы:

Сравнительный обзор технологий биоэнергетики (ресурсы, продукты).

Свойства водорода как энергоносителя и сравнение путей его получения по энергоёмкости.

Тема 8. Улавливание, транспортировка, использование и захоронение CO₂.

Концепции; источники и потенциал улавливания; технологические маршруты улавливания (пост-, пре-, окситопка и др.); транспорт; направления использования (химическая переработка, минерализация); оценки энергозатрат и стоимости по стадиям.

Задания для самостоятельной работы:

Описание технологического процесса с использованием CO₂ в выбранной отрасли и оценка удельных объёмов.

Классификация методов улавливания по процессам.

Доклады: крупнейшие проекты CCUS; особенности цикла Алама.

Тема 9. Геологические и иные условия для долговременного хранения CO₂.

Свойства сверхкритического CO₂; геологические формации (пласты, соляные купола, базальтовые породы), подводные решения; примеры проектов; химические взаимодействия; оценки ёмкости хранилищ (глобально и для крупных регионов); биологические методы усиления поглощения.

Задания для самостоятельной работы:

Варианты подземного хранения (в т.ч. ПХГ) и их схемы.

Обзор баз данных проектов CCS и анализ «плюсы/минусы».

Подготовка к устному опросу.

Тема 10. Энергосбережение как «первое топливо» и спросовое управление.

Критерии энергоэффективности по отраслям; энергоёмкость ВВП; стандарты энергоаудита и ISO 50001; управление спросом, цифровизация и интеллектуальные сети как фактор снижения углеродоёмкости.

Задания для самостоятельной работы:

Карта мероприятий по ЭЭ для выбранного предприятия с оценкой «технический» и «экономический» потенциал.

Тема 11. Экономика и финансирование низкоуглеродных проектов.

Углеродная цена и влияние ETS/добровольных рынков; механизмы закупки (аукционы, РРА), «зелёные» облигации; таксономии устойчивого финансирования и критерии для энергетических проектов.

Задания для самостоятельной работы:

Финансовая модель ветропарка/СЭС с анализом чувствительности к стоимости капитала и цене углерода.

Тема 12. Кейс-стади Казахстан и Центральная Азия; защита проектов.

Регуляторная среда, ресурсная обеспеченность, сетевые ограничения; портфель текущих/планируемых проектов; сильные и слабые стороны; подготовка и защита мини-проектов студентами.

Задания для самостоятельной работы:

Концепт проекта (2–3 стр.) с базовой линией, MRV и финансовыми показателями.

Презентация и защита.

4.3. Аннотация программы

Основная цель курса «Низкоуглеродные энергетические проекты» – формирование у студентов системного понимания подходов к декарбонизации энергетики и навыков разработки, оценки и реализации проектов, снижающих углеродоёмкость производства и потребления энергии. В курсе рассматриваются технологические и организационно-экономические решения: повышение энергоэффективности, внедрение ВИЭ и накопителей, гибридные схемы генерации, водородные технологии и биоэнергетика, а также улавливание, использование и хранение CO₂ (CCUS). Освещаются вопросы выбора площадок и ресурсной обеспеченности, проектного цикла, оценки затрат и эффектов, механизмов финансирования и сбыта (аукционы, РРА, «зелёные» облигации), нормативно-правовой среды и рисков реализации. Особое внимание уделяется примерам из Казахстана и стран Центральной Азии, а также экологическим и социальным аспектам проектов. Изучение дисциплины позволяет связать современные научные результаты и практику проектной деятельности, оценить реалистичный потенциал декарбонизации для различных технологических решений и подготовиться к участию в их разработке и внедрении.

Большинство тем курса включают теоретическую часть, практические задания (групповые и индивидуальные), самостоятельную проработку материалов, обсуждение ключевых вопросов темы и проверку усвоения.

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	Тема 1. Введение. Предмет, методы и задачи курса; терминология и цели декарбонизации.	УК-1, ОПК-2, ПК-1; ПК-3; ПК-8.	Эссе Защита докладов Расчетно-графическое задание
2	Тема 2. Проектный цикл низкоуглеродного энергетического проекта	УК-1, ОПК-2, ПК-1; ПК-3; ПК-8.	Письменная работа
3	Тема 3. Современные технологии традиционной энергетики и пути повышения энергоэффективности	УК-1, ОПК-2, ПК-1; ПК-3; ПК-8.	Письменная работа
4	Тема 4. Снижение углеродного следа тепловой энергетики: меры и технологические решения	УК-1, ОПК-2, ПК-1; ПК-3; ПК-8.	Письменная работа Расчетно-графическое задание
5	Тема 5. ВИЭ и накопители энергии: технологии, гибридные решения и сетевые эффекты.	УК-1, ОПК-2, ПК-1; ПК-3; ПК-8.	Письменная работа Расчетно-графическое задание
6	Тема 6. Методика оценки ресурсов и размещения объектов ВИЭ (GIS-подход).	УК-1, ОПК-2, ПК-1; ПК-3; ПК-8.	Письменная работа

7	Тема 7. Биоэнергетика и водородная энергетика (безуглеродная генерация).	УК-1, ОПК-2, ПК-1; ПК-3; ПК-8.	Расчетно-графическое задание
8	Тема 8. Улавливание, транспортировка, использование и захоронение CO ₂	УК-1, ОПК-2, ПК-1; ПК-3; ПК-8.	Письменная работа
9	Тема 9. Геологические и иные условия для долговременного хранения CO ₂ .	УК-1, ОПК-2, ПК-1; ПК-3; ПК-8.	Устный опрос; письменная работа

6.2. Учебно-методические рекомендации для обеспечения самостоятельной работы студентов

Семинар 1

Тема: Введение. Предмет, методы и задачи; терминология и цели декарбонизации.

Задания:

Эссе по теме декарбонизации и природных предпосылок требований к снижению углеродного следа.

Диаграмма структуры потребления первичной энергии в РК; расчёт годовых выбросов парниковых газов для выбранного региона РК по структуре генерации; динамика средней годовой температуры (данные RP5 и NASA POWER).

Цели:

Выровнять терминологию («декарбонизация», «углеродоёмкость», «углеродный след»), показать связь научных предпосылок и государственных целей по сокращению выбросов.

Подготовка:

Изучить материалы лекции; собрать данные по структуре потребления энергии в РК; выгрузить температурные ряды и подготовить эссе (700–1000 слов).

Ход занятия:

Короткий опрос по терминам и определениям.

Обсуждение реалистичности целей декарбонизации при текущей структуре ТЭК.

Короткие сообщения с диаграммами и расчётами (до 5 минут на студента).

Отчётность:

2–3 слайда с графиками (PDF) и текст эссе (DOCX/PDF).

Критерии оценивания:

Корректность терминов — 30%.

Методика и источники данных — 40%.

Логика выводов и оформление — 30%.

Типичные ошибки:

Смешение первичной и конечной энергии.

Отсутствие периода и метода усреднения температуры.

Нет ссылок на источник и год данных.

Семинар 2

Тема: Проектный цикл низкоуглеродного энергетического проекта.

Задания:

Черновик технического задания для пилотного проекта по повышению энергоэффективности.

Реестр рисков с мерами снижения.

Цели:

Закрепить стадии проекта: инициирование, предпроектные исследования, технико-экономическое обоснование, финансовая модель, проектирование, строительство, эксплуатация; понять логику «измерение — отчётность — проверка», базовую линию и дополнительную.

Подготовка:

Подготовить техническое задание (1–2 стр.) с целями, масштабом, показателями (экономия энергии/тонны CO₂-экв.), порядком учёта результатов; составить таблицу рисков (не менее 10 позиций) с вероятностью, влиянием и ответными мерами.

Ход занятия:

Обсуждение заинтересованных сторон и границ проекта.

Краткое представление технических заданий (до 4 минут) и обсуждение.

Совместный разбор таблиц рисков, приоритизация и меры реагирования.

Отчётность:

Техническое задание (PDF) и таблица рисков (табличный файл).

Критерии оценивания:

Ясность целей и показателей — 30%.

Связность учёта результатов — 30%.

Полнота и приоритизация рисков — 40%.

Типичные ошибки:

Отсутствие базовой линии.

Общие формулировки без указания ответственных и сроков.

Семинар 3

Тема: Современные технологии традиционной энергетики и пути повышения энергоэффективности.

Задания:

Структура и география мощностей тепловых электростанций в РК (динамика 5–10 лет).

Эссе: газификация угля (поверхностная/подземная), экологические и экономические ограничения, примеры проектов.

Цели:

Понимать различия типов установок (паротурбинные, газотурбинные, парогазовые, когенерация) и факторы, влияющие на КПД и коэффициент использования установленной мощности.

Подготовка:

Собрать статистику мощностей и выработки, подготовить карту и диаграммы; подготовить эссе (700–1000 слов) по газификации угля.

Ход занятия:

Короткий опрос по типам установок и их параметрам.

Сообщения по картам и графикам (до 5 минут).

Обсуждение ограничений газификации и её применимости.

Отчётность:

Карта, 2 диаграммы и эссе.

Критерии оценивания:

Корректность технических описаний — 30%.

Качество данных и наглядность — 40%.

Аргументация в эссе — 30%.

Типичные ошибки:

Сравнение КПД без единых исходных условий.

Игнорирование коэффициента использования и вида топлива.

Семинар 4

Тема: Снижение углеродного следа тепловой энергетики: меры и технологические решения.

Задания:

Обзор наилучших доступных технологий и оценка потенциала снижения удельного расхода топлива для выбранного процесса.

Перечень и карта источников высококалорийных побочных газов/продуктов в РФ/РК.

Цели:

Связать мероприятия (замена топлива, переход на парогазовый цикл, модернизация, вывод неэффективных мощностей, использование сбросного тепла) с измеримым эффектом по топливу и выбросам.

Подготовка:

Выполнить расчёт «до/после» по выбранному процессу; составить перечень источников побочных газов/продуктов с привязкой к карте.

Ход занятия:

Доклады по расчётам (6–8 минут).

Обсуждение реализуемости: затраты, сроки, остановки производства.

Демонстрация карт и возможной логистики утилизации.

Отчётность:

Слайд с формулами и результатами; карта и таблица источников.

Критерии оценивания:

Реалистичность допущений — 40%.

Воспроизводимость расчётов — 30%.

Применимость решений — 30%.

Типичные ошибки:

Процентные оценки без пересчёта в условное топливо и выбросы.

Расчёт идеальных КПД без учёта ограничений.

Семинар 5

Тема: Возобновляемые источники энергии и накопители: технологии, комбинирование, влияние на сеть.

Задания:

Опорный конспект по выбранному направлению с описанием принципов, продуктов и регионов ресурсов (РК/РФ).

Обзор масштабов применения, стран-лидеров по мощности и производству оборудования; меры государственной поддержки.

Цели:

Сопоставить технологии возобновляемой энергетики и роль накопителей в обеспечении надёжности и управляемости.

Подготовка:

Подготовить конспект (до 2 стр.) по выбранной технологии; составить таблицу по странам-лидерам (мощности, производство, меры поддержки).

Ход занятия:

Обсуждение преимуществ и ограничений различных технологий.

Разбор примеров комбинированных схем (ветер + солнечная генерация + накопители): ожидаемый коэффициент использования мощности, влияние на график нагрузки.

Отчётность:

Сравнительная таблица показателей; один пример комбинированной схемы.

Критерии оценивания:

Корректность сравнений и ссылок на источники — 60%.

Понимание ограничений энергосистемы — 40%.

Типичные ошибки:

Смешение установленной мощности и фактической выработки.

Сравнение удельной стоимости энергии без исходных допущений.

Семинар 6

Тема: Методика оценки ресурсов и размещения объектов ВИЭ (подход с использованием геоинформационных систем).

Задания:

Сбор данных (NASA POWER, Global Solar Atlas, Global Wind Atlas и др.) для 2–3 точек региона РК/РФ и расчёт технического потенциала.

Оценка потенциала биоэнергетики по статистике твёрдых бытовых отходов, осадков сточных вод, аграрных и животноводческих отходов для выбранного региона РК.

Цели:

Освоить критерии пригодности площадок и последовательность геоинформационного отбора.

Подготовка:

Определить критерии и их веса; выполнить расчёт потенциала по 2–3 точкам; подготовить таблицу по сырьевой базе для биоэнергетики.

Ход занятия:

Демонстрация карты пригодности.

Проверка чувствительности к весам и пороговым значениям.

Короткие сообщения по расчётам для биоэнергетики.

Отчётность:

Карта пригодности (изображение/PDF); таблицы исходных данных и весов; расчётная таблица по биоэнергетике.

Критерии оценивания:

Прозрачность источников — 30%.

Корректность методики — 40%.

Интерпретация результатов — 30%.

Типичные ошибки:

Использование кратких рядов без учёта многолетней изменчивости.

Игнорирование ограничений по землепользованию и экологии.

Семинар 7

Тема: Биоэнергетика и водородная энергетика (безуглеродная генерация).

Задания:

Сравнительный обзор технологий биоэнергетики (ресурсы, продукты).

Свойства водорода как энергоносителя и сравнение путей его получения по энергоёмкости.

Цели:

Сопоставить сырьё, технологии и продукты биоэнергетики; понять факторы себестоимости получения водорода.

Подготовка:

Подготовить сводную таблицу по биоэнергетике; краткую записку по путям получения водорода (электролиз, переработка природного газа с улавливанием углекислого газа и др.).

Ход занятия:

Круглый стол по технологическим дорожным картам.

Короткие доклады с таблицами сравнения (до 5 минут).

Отчётность:

Сводная таблица и слайд с ключевыми выводами.

Критерии оценивания:

Сопоставимость метрик — 40%.

Корректность источников — 30%.

Ясность выводов — 30%.

Типичные ошибки:

Сравнение себестоимости водорода без учёта цены электроэнергии и режима работы оборудования.

Семинар 8

Тема: Улавливание, транспортировка, использование и захоронение углекислого газа.

Задания:

Описание технологического процесса использования углекислого газа в выбранной отрасли и оценка удельных объёмов.

Классификация способов улавливания по процессам.

Сообщения: крупнейшие проекты по улавливанию и обращению с углекислым газом; особенности цикла Аллама.

Цели:

Связать схемы улавливания, перевозки и использования с энергетическими потерями и затратами.

Подготовка:

Подготовить схему процесса (1 стр.) и таблицу удельных затрат/потерь; классификацию методов улавливания; короткие сообщения о крупных проектах и цикле Аллама.

Ход занятия:

Стеновый формат представления схем и расчётов.

Серия коротких сообщений по крупным проектам и циклу Аллама.

Отчётность:

Схема процесса; таблица показателей; слайд по проекту.

Критерии оценивания:

Связность технологической цепочки — 40%.

Реалистичность числовых оценок — 40%.

Понимание ограничений и рисков — 20%.

Типичные ошибки:

Заявления о «нулевых выбросах» без учёта утечек и потерь по стадиям.

Семинар 9

Тема: Геологические и иные условия для долговременного хранения углекислого газа.

Задания:

Варианты подземного хранения (в том числе в подземных хранилищах газа) и их схемы.

Обзор баз данных проектов и анализ «плюсы/минусы».

Подготовка к устному опросу.

Цели:

Разобрать типы коллекторов, критерии ёмкости и герметичности, подходы к мониторингу.

Подготовка:

Подготовить схему хранилища (тип коллектора, крышка, ловушки), черновую оценку ёмкости, таблицу «плюсы/минусы» по примерам из баз данных.

Ход занятия:

Разбор схем вариантов хранения.

Обсуждение мониторинга и рисков.

Короткий устный опрос по ключевым понятиям.

Отчётность:

Схема и расчёт ёмкости; сводная таблица по примерам.

Критерии оценивания:

Обоснованность допущений — 40%.

Полнота учёта рисков и мониторинга — 40%.

Качество ответов на опрос — 20%.

Типичные ошибки:

Перенос зарубежных параметров без учёта местной геологии.

6.3. Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля успеваемости.

Перечень контрольных вопросов и заданий

Тема 1. Введение. Предмет, методы и задачи; терминология и цели декарбонизации

1. Дайте определения: углеродоёмкость, декарбонизация, углеродный след, улавливание и хранение/использование углекислого газа (CCS/CCUS).
2. Каковы научные и социально-экономические причины появления подходов к снижению углеродоёмкости?
3. Какова структура потребления первичной энергии в Республике Казахстан по видам топлива и как она менялась?
4. Какие отрасли являются приоритетными для внедрения технологий декарбонизации и почему?
5. В чём суть «концепции электрического мира» и какие последствия она имеет для топливно-энергетического комплекса?

Тема 2. Проектный цикл низкоуглеродного энергетического проекта

1. Перечислите стадии проекта (инициирование → предпроектные исследования → технико-экономическое обоснование → финансовая модель → проектирование → строительство → эксплуатация) и ключевые документы на каждой стадии.
2. Что такое базовая линия и дополнительность? Приведите примеры корректного обоснования.
3. Что включает подход «измерение — отчётность — проверка» результатов (MRV)?
4. Какие группы рисков (технические, финансовые, регуляторные, экологические, социальные) выделяют и как их приоритизировать?
5. Какие показатели эффективности применяются (удельная приведённая стоимость энергии, чистая приведённая стоимость, внутренняя норма доходности, срок окупаемости) и в чём их различия?

Тема 3. Современные технологии традиционной энергетики и пути повышения энергоэффективности

1. Сравните паротурбинные, газотурбинные, парогазовые установки и когенерацию по эффективности, режимам и требованиям к топливу.
2. Какие факторы определяют удельные выбросы парниковых газов на тепловых электростанциях (вид топлива, эффективность, коэффициент использования установленной мощности, собственные нужды)?
3. Какова роль технологий газификации угля и каковы их экологические и экономические ограничения?
4. Что такое «собственные нужды» станции и как они влияют на углеродоёмкость выработки?
5. Какие технические мероприятия наиболее результативны для повышения энергоэффективности на тепловых электростанциях?

Тема 4. Снижение углеродного следа тепловой энергетики: меры и технологические решения

1. Как влияют на выбросы и экономику переход с угля на природный газ и внедрение парогазового цикла?
2. Когда оправдан вывод устаревшего оборудования и какие выгоды/риски он несёт?
3. Как смешение с водородсодержащими газами отражается на оборудовании, безопасности и выбросах?
4. Какие подходы к использованию сбросного тепла и побочных газов промышленности наиболее эффективны?
5. Как применяются наилучшие доступные технологии при планировании мероприятий по снижению углеродоёмкости?

Тема 5. Возобновляемые источники энергии и накопители: технологии, гибридные решения и влияние на сеть

1. Сравните солнечную (фотоэлектрическую/тепловую), ветровую, малую гидро- и геотермальную генерацию по ресурсной базе и ограничениям.
2. В чём состоит проблема неравномерности выработки возобновляемых источников и как её минимизировать?
3. Какие типы накопителей (электрохимические, гидроаккумулируемые, тепловые) применяются и каковы их особенности?
4. Каковы преимущества и риски гибридных установок (например, ветер + солнце + накопитель)?
5. Как рост доли возобновляемых источников влияет на устойчивость, управляемость и тарифы энергосистемы?

Тема 6. Методика оценки ресурсов и размещения объектов ВИЭ (подход с использованием геоинформационных систем)

1. Какие критерии пригодности площадок важны для солнечной и ветровой энергетики (ресурс, сеть, экология, инфраструктура, землепользование)?
2. Какие источники данных (ветер, инсоляция, сеть, охраняемые территории, ограничения) использовать и как оценивать их качество?
3. Как строится многофакторная оценка (веса, пороги) и как проверять чувствительность результатов?
4. Какие методы верификации (сравнение с наблюдениями, альтернативные карты, независимые источники) применимы?
5. Какие экономические критерии конкурентоспособности учитывать уже на этапе отбора площадок?

Тема 7. Биоэнергетика и водородная энергетика (безуглеродная генерация)

1. Классифицируйте биотоплива (первого—третьего поколений): сырьё, продукты, зрелость технологий.
2. Сравните термические (пиролиз, газификация, сжижение) и биохимические (брожение, метаногенез) пути переработки биосырья.
3. Каковы свойства водорода как энергоносителя (хранение, транспортировка, потери, безопасность)?
4. Какие пути получения водорода распространены и чем они различаются по энергоёмкости и себестоимости?
5. Какова роль инноваций (включая малые модульные реакторы) в портфеле низкоуглеродной генерации?

Тема 8. Улавливание, транспортировка, использование и захоронение углекислого газа

1. Сравните улавливание после сжигания, до сжигания и при сжигании в кислородной среде по принципам и ограничениям.
2. Какие варианты транспортировки углекислого газа применяются и какие требования безопасности к ним предъявляются?
3. Основные направления использования: возврат в пласт, химическая переработка, минерализация — в чём отличия по эффектам и рискам?
4. Как оценивать энергетические потери и затраты по стадиям цепочки улавливания и обращения с углекислым газом?
5. Что представляет собой цикл Аллама и в чём его потенциальные преимущества и ограничения?

Тема 9. Геологические и иные условия для долговременного хранения углекислого газа

1. Почему свойства сверхкритического углекислого газа важны для подземного хранения?
2. Какие типы геологических формаций (коллекторы, соляные структуры, базальтовые породы, подводные решения) используются и какие к ним требования?

3. Какие методы мониторинга применяются (наблюдательные скважины, геофизика, дистанционные методы) и каковы их ограничения?
4. Какие параметры необходимы для оценки ёмкости хранилища и как учитываются неопределённости?
5. Каковы основные риски при хранении и способы их снижения?

Тема 10. Энергосбережение как «первое топливо» и управление спросом

1. Какие показатели энергоэффективности по отраслям являются ключевыми?
2. Почему «энергосбережение — первое топливо» и какие барьеры мешают его реализации?
3. Какие меры по управлению спросом существуют и где они наиболее результативны?
4. Каковы цели и элементы систем управления энергией и стандартов энергоаудита?
5. Как цифровые технологии и интеллектуальные сети помогают снижать углеродоёмкость?

Тема 11. Экономика и финансирование низкоуглеродных проектов

1. От каких факторов зависит удельная приведённая стоимость энергии, как её рассчитывают и интерпретируют?
2. Дайте определения: чистая приведённая стоимость, внутренняя норма доходности, дисконтированный срок окупаемости — когда какой показатель уместен?
3. Как углеродная цена и участие в системе торговли квотами меняют экономику проектов?
4. В чём различия механизмов сбыта и привлечения средств (аукционы, договоры поставки электроэнергии, «зелёные» облигации)?
5. Зачем нужны таксономии устойчивого финансирования и как они влияют на допуск проектов к поддержке и кредитам?

Тема 12. Примеры по Казахстану и Центральной Азии; защита проектов

1. Какие региональные особенности (ресурсная база, климат, сеть, рынок) необходимо учесть при подготовке проектов в Республике Казахстан и странах Центральной Азии?
2. Какие ограничения энергосистемы важны для интеграции новых мощностей и как их выявить?
3. Как корректно оформить базовую линию и порядок учёта результатов в проектной документации?
4. Какие риски наиболее существенны на стадии реализации и как выстроить приоритизацию мер по их снижению?
5. Как лучше структурировать публичную защиту проекта: состав содержания, логика слайдов, ключевые показатели?

Тесты текущего контроля знаний по дисциплине

Компетенции и выпускников	Вопрос	Ответ
УК-1.	<i>Прочитайте текст и установите единственно неверное утверждение. Ответ аргументируйте</i> 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"> - поглощение инфракрасного излучения данным газом; - интересующий временной горизонт (период действия газа); - время жизни газа в атмосфере - объем выбросов в атмосферу; <p>в) Для оценки выбросов парниковых газов (в том числе для расчета углеродного следа) с учетом их разных свойств вводится показатель CO₂-эквивалент (CO₂-экв).</p> <p>г) Для CO₂ 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 CO₂ относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) энергетика; б) производство цемента; в) нефтеочистительные заводы; г) заболоченные территории и бедленды; д) нефтехимическое производство; е) биоэнергетическое производство. 	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 CO₂ в расчете на тонну натурального топлива (т н.т.) линейно зависит от содержания углерода на рабочую массу топлива C^r (%) и потому:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) выше при сжигании антрацита и каменных углей по сравнению с бурыми углями; б) выше при сжигании антрацита по сравнению с каменным углем; в) практически одинаков для каменного и бурого угля, и ниже, чем для антрацита. 	а
ОПК-2.	<p>Удельные выбросы CO₂ на тонну условного топлива (т у.т.):</p> <ul style="list-style-type: none"> а) так же, как и в случае измерения количества угля в т н.т., линейно зависит от содержания углерода на рабочую массу топлива; б) практически не зависят от содержания углерода на рабочую массу топлива C^r; в) падают с ростом удельного содержания углерода в угле. 	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"> – улавливание углекислого газа (CO₂) при сжигании топлива или в промышленных техпроцессах; - отделение CO₂ из смеси газов; – транспортировку CO₂ на судах или по трубопроводу; – использование в качестве ресурса для создания ценных продуктов или услуг; – постоянное хранение глубоко под землей в геологических формациях. 	себя помимо этапов улавливания и захоронения также еще и использование (или переработку) CO ₂ 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 CO₂ 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"> а) этаноламины; б) карбонат натрия; в) карбонат кальция (в растворе); г) уротропин; д) сульфат кальция. 	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 CO₂) криогенным методом происходят следующие процессы:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) При абсолютном давлении 760 мм рт. ст. двуокись углерода переходит в твердое состояние при температуре –78,9 °С; б) путем подбора условий кристаллизация CO₂ происходит только на холодной стенке без выпадения снега в потоке воздуха; в) вымораживание (отделение твердой) двуокиси углерода производится в регенераторах или в специальных теплообменниках-вымораживателях; г) перед вымораживанием смесь газов пропускают через полимерные или неорганические мембраны; д) перед вымораживанием газовую смесь пропускают через водный раствор карбоната натрия. 	а) б) в) ч
ПК-8.	<p><i>Прочитайте текст и выберите единственный неверный вариант</i></p>	2 Водоотведение не влияет непосредственно на

	<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"> 1. оснащенности средствами учета энергетических ресурсов; 2. оснащенность средствами учета водоотведения; 3. объему расходуемых энергетических ресурсов и его динамика; 4. классам энергетической эффективности оборудования; 5. процентам потери энергетических ресурсов; 6. потенциалу энергосбережения и оценкам возможной экономии; 7. типовому плану энергосбережения и повышения энергоэффективности. 	<p>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"> 1) выявление источников нерациональных энергозатрат и неоправданных потерь энергии, 2) выявление источников энергоснабжения – электроэнергии и тепла; 3) определение показателей энергетической эффективности, 4) определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности, 5) разработка целевой, комплексной программы энергосбережения. 	<p>2 Заведомо известно, каков источник энергоснабжения (сетового или автономного) объекта; данная задача не входит в состав задач аудита.</p>

6.4 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации (зачет)

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 выполняют конденсатор? Поясните принцип работы градирни на тепловой (конденсационной) электростанции (на выбор тип градирни – сухая или мокрая). Преимущества, недостатки.
3. Какие функции в конденсационной электростанции выполняют конденсатор? Назначение и принципы использования водоемов-охладителей. Экологические проблемы, возникающие при использовании водоемов-охладителей тепловых электростанций.
4. Дайте определение термина «теплоэлектроцентраль». 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.
8. 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.
9. Особенности возобновляемых источников энергии (малая плотность потоков энергии, непостоянство, исчерпаемость в региональном масштабе) и их влияние на конкурентоспособность возобновляемой энергетики.
10. 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?
11. 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.
12. 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?
13. Солнечная тепловая энергетика (производство тепловой энергии): характеристика технологий, виды получаемой полезной энергии, ниши применения.
14. Принцип действия солнечных тепловых электростанций. Основные элементы станции; типы солнечных ТЭС. Проблемы использования и причины высокой себестоимости произведенной энергии.
15. Солнечная фотоэнергетика: характеристика технологий, материалы для фотоэлектрических модулей и воздействие на окружающую среду процесса их производства.
16. Ветровая энергетика: характеристика технологий, виды ветровых установок, экологические аспекты использования.
17. Геотермальная энергетика: источник ресурсов, пространственное распределение геотермальных ресурсов (основные регионы высоких геотермальных ресурсов в мире, России), виды получаемой полезной энергии.
18. Геотермальная энергетика: характеристика технологий, прямой и бинарный цикл производства электроэнергии на геотермальных станциях.
19. Регионы с максимальным ресурсом для развития геотермальной энергетики; какими природными процессами определяется их месторасположение?
20. Характеристика технологий малой гидроэнергетики; классификация малых гидроэлектростанций; проблема исчерпаемости ресурсов малой гидроэнергетики.
21. 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?
22. Охарактеризуйте технологию производства биоэтанола и его производных из биомассы: а) принцип действия систем/установок; б) источники сырья.
 23. 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).
 24. Охарактеризуйте технологию производства биоэтанола в качестве моторного топлива: а) принцип действия систем/установок; б) источники сырья.
 25. Охарактеризуйте технологию производства биодизеля из биомассы: а) принцип действия систем/установок; б) источники сырья.
 26. Охарактеризуйте технологию анаэробной ферментации биомассы: а) принцип действия систем/установок; б) сырье и какие энергетические продукты при этом получаются.
 27. Охарактеризуйте технологию получения и использования свалочного газа: а) принцип действия систем/установок; б) источники сырья.
 28. Сравнительный анализ экологических последствий использования малой и крупномасштабной гидроэнергетики.
 29. Потенциалы возобновляемой энергетики (определения). Валовый потенциал солнечной энергии: методы определения (в точке и на территории); источники данных.
 30. Валовый и технический потенциал ветровой энергии: определение. Методы расчета валового и технического потенциала ветровой энергии в точке. Источники данных.
 31. Ресурсы, валовый и технический энергетический потенциал биомассы. Алгоритм их расчёта (на примере одного вида органических отходов – по выбору).
 32. Охарактеризуйте термины: декарбонизация экономики; парниковые газы (перечислить); потенциал глобального потепления; углеродный след. Какие отрасли хозяйства являются основными источниками парниковых газов?
 33. Что означает термин «энергетический переход»? Охарактеризуйте основные составляющие IV энергетического перехода. Какие составляющие энергоперехода наиболее перспективны для снижения эмиссии парниковых газов?
 34. Каковы возможные методы снижения углеродоемкости в тепловой энергетике на ископаемом топливе? Методика оценки выбросов парниковых газов от объектов теплоэнергетики (основные положения).
 35. Влияние типа и качества топлива на выбросы парниковых газов в тепловой энергетике. Охарактеризуйте методы сокращения выбросов ПГ в угольной энергетике (приведите 2–3 метода). Возможные негативные последствия применения этих методов (социальные, экономические).
 36. Охарактеризуйте метод снижения выбросов ПГ в угольной энергетике: использование в качестве топлива водородсодержащих смесей и водорода. Достоинства и недостатки метода.
 37. Общая классификация методов улавливания CO₂. Технологии поглощения CO₂ из газовых смесей: адсорбция.
 38. Общая классификация методов улавливания CO₂. Технологии поглощения CO₂ из газовых смесей: химическая абсорбция.
 39. Общая классификация методов улавливания CO₂. Технологии поглощения CO₂ из газовых смесей: криогенные методы, мембранное разделение, прямая сепарация,

- использование интенсивно растущих микроводорослей. Сравнительный анализ методов (достоинства/недостатки).
40. Общая классификация методов улавливания CO₂. Технологии: кислородное сжигание, цикл Аллама (общее понятие).
 41. Методы транспортировки CO₂. Сравнительный анализ.
 42. Методы увеличения нефтеотдачи пластов: общее понятие, причины применения. Классификация методов. Тепловые методы: виды, краткая характеристика принципа действия внутрипластового горения.
 43. Методы увеличения нефтеотдачи пластов: газовые и химические методы (виды, краткая характеристика принципов действия).
 44. Методы увеличения нефтеотдачи пластов: гидродинамические методы и методы увеличения дебитов скважин (виды, краткая характеристика).
 45. Основные физико-химические свойства диоксида углерода, важные для организации захоронения в подземных и подводных геологических структурах.
 46. Типы геологических структур, пригодных для закачки CO₂; краткая характеристика этих структур.
 47. Особенности взаимодействия углекислого газа с горными породами, морской и пластовой водой при хранении его в геологических структурах.
 48. Общие принципы организации захоронения CO₂ в геологических структурах. Пространственное распределение и примеры действующих проектов.
 49. Водород как энергоноситель; почему водород не является первичным источником энергии. Методы получения водорода.
 50. Современная классификация водорода с точки зрения методов его получения («цвета» водорода). Основные препятствия для развития водородной экономики.
 51. Структура себестоимости улавливания и захоронения CO₂; диапазон значений себестоимости. Как рассчитывается стоимость предотвращения выбросов CO₂?
 52. Риски современных технологий улавливания и захоронения углекислого газа.
 53. Цементная промышленность как источник выбросов CO₂.

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	Знание некоторых основных характеристик технологий традиционной	Знает основные характеристики технологий традиционной энергетики, включая	В совершенстве знает основные характеристики технологий традиционной

	традиционной энергетики, особенностей ресурсной базы как основы углеродного следа отрасли	энергетики, особенностей ресурсной базы, допускаются значительные ошибки при характеристике технологий современной тепловой энергетики.	тепловую энергетику, однако допускает незначительные ошибки	энергетики, включая тепловую энергетику, основные аспекты 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 технологиях 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-	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

			экономических условиях.	
Отсутствие умений	Отсутствует представление о методах и источниках данных для определения ресурсов возобновляемой энергетики в конкретном регионе.	Понимает основные принципы расчетов ресурсов и производительности станций возобновляемой энергетики, но не умеет адекватно оценивать и находить источники данных для оценки, проводить их верификацию.	Может самостоятельно проводить расчеты основных характеристик солнечных, ветровых и биоэнергетических ресурсов, знает методы оценки производительности установок и станций, однако допускает ошибки в трактовках (оценке результатов) и методов верификации результатов.	Умеет самостоятельно на основе метеорологических 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 ₂ 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 ₂ 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	Владеет некоторым представлением об основных методах улавливания CO ₂ , однако слабо	Уверенно ориентируется в основных методах улавливания CO ₂ , однако допускает	Умеет самостоятельно описывать и анализировать преимущества

	CO2 в производстве нных процессах. Не знает концепции и методы реализации принципов CCS, CCUS.	представляет способы транспортировки, захоронения и вторичного использования CO2.	ошибки при характеристике способов транспортировки, захоронения и вторичного использования CO2.	основных методов улавливания CO2, способы транспортировки, захоронения и вторичного использования CO2.
Отсутствие владения	Отсутствует представление о методах и природных условиях, необходимых для долгосрочного захоронения CO2 в геологических формациях.	Обладает слабыми знаниями о методах и природных условиях, необходимых для долгосрочного захоронения CO2, однако знает единичные примеры проектов по захоронению.	Обладает хорошим базисом знание в области оценки природных условий, необходимых для долгосрочного захоронения CO2. 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 CO2. Слабо представляет сложившиеся подходы к декарбонизации отраслей промышленно	Фрагментированно владеет характеристиками и основами методов оценки экономических затрат на осуществление проектов улавливания, захоронения и вторичного использования CO2. Может с ошибками перечислить сложившиеся подходы к декарбонизации отраслей	Владеет знаниями и навыками определения экономических затрат на осуществление проектов улавливания, захоронения и вторичного использования CO2., 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 CO2

	сти и энергетики.	промышленности и энергетики.		
--	----------------------	---------------------------------	--	--

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
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. Фортон 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
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. Плакиткин. 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://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/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://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/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 ВИА 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 «Территориальная структура природно-хозяйственного потенциала регионов Казахстана»

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, Winrar 5.7.

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

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.