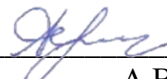


**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Казахстанский филиал**

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



А.В. Сидорович

**ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В ПЛАНИРОВАНИИ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО РАЗВИТИЯ
ГОРОДОВ И РЕГИОНОВ
(на английском языке)**

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

1. Цель и задачи изучения дисциплины «ГИС-технологии в планировании низкоуглеродного развития городов и регионов» (на английском языке).

Целью освоения дисциплины «ГИС-технологии в планировании низкоуглеродного развития городов и регионов» является формирование у студентов знаний и практических навыков применения геоинформационных и дистанционных методов для пространственно-временной оценки источников и поглотителей парниковых газов, разработки и обоснования территориально дифференцированных мер низкоуглеродного развития, а также для анализа пределов достижимого снижения углеродоёмкости и связанных с этим ресурсных и экономических параметров в городах и регионах.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование представления о роли пространственного анализа в подготовке базовых и целевых инвентаризаций ПГ на муниципальном и региональном уровнях (источники, поглотители, география выбросов/поглощения);
- изучение методов получения, предварительной обработки и интеграции пространственных данных (дистанционное зондирование, кадастровые и инфраструктурные слои, транспортные и демографические данные, OSM), оценка качества и неопределённости;
- освоение ГИС-инструментов для расчёта и картирования территориально распределённых выбросов и поглощения (здания и теплоэнергетика, транспорт, промышленность, отходы, зелёная инфраструктура/углерод в экосистемах) в соответствии с общепринятыми методическими рамками;
- выполнение пространственных анализов пригодности и размещения низкоуглеродных решений (ВИЭ, модернизация теплосетей, ЭЭС/EV-charging, энергоэффективная застройка, природо-ориентированные решения) с применением многокритериальной оценки и учётом ограничений;
- моделирование и сравнение сценариев низкоуглеродного развития (изменение землепользования, транспортных потоков, энергетической инфраструктуры) и оценка их эффектов, в т.ч. сопутствующих выгод (качество воздуха, тепловые острова, социальная справедливость);
- анализ ресурсных и экономических затрат на реализацию пространственно локализованных мер (включая энергетические и финансовые показатели) и поддержка принятия решений на основе карт затрат/эффективности;
- освоение подходов мониторинга, отчётности и верификации (MRV) с использованием временных рядов ДЗЗ и ГИС-панелей показателей для отслеживания динамики и оценки достигнутых результатов;
- развитие навыков картографической визуализации и коммуникации результатов для органов власти, бизнеса и общественности (карты, дашборды, веб-карты/сторимэпс);
- изучение лучших мировых практик применения ГИС и ДЗЗ в климатическом планировании городов и регионов и их адаптация к условиям Казахстана и Центральной Азии.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина относится к вариативной части образовательной программы подготовки магистров по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользование. Дисциплина изучается в 4 семестре, на 2 курсе.

Изучению данной дисциплины предшествуют дисциплины: Основы оценки углеродного цикла производств; ДЗЗ в оценке запасов углерода; компьютерные технологии

и статистические методы. Является основой для дисциплин Стратегии низкоуглеродного развития городов и регионов; 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
УК-3. Способен разрабатывать, реализовывать и управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла, предусматривать и учитывать проблемные ситуации и риски проекта.	<i>Знать:</i> этапы исследования с применением ГИС
	<i>Уметь:</i> Вести проект по низкоуглеродному планированию с ГИС-составляющей (цели, сроки, риски)
	<i>Владеть:</i> инструментами постановки задач, и контроля качества результатов ГИС-исследований
ОПК-2. Способен использовать знания специальных и новых разделов экологии, геоэкологии и природопользования для решения научно-исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.	<i>Знать:</i> основы углеродного цикла в городах и регионах и связи «землепользование—выбросы ПГ».
	<i>Уметь:</i> интегрировать эколого-географические знания в пространственные расчёты выбросов/поглощения.
	<i>Владеть:</i> приёмами объединения отраслевых данных с ГИС/ДЗЗ для обоснования мер НУ-развития.
ПК-8. 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> принципы много-критериальной оценки, бенчмаркинга и анализа чувствительности.
	<i>Уметь:</i> выполнять пространственную приоритизацию мер (затраты-эффект, ограничения).
	<i>Владеть:</i> методами экспертной валидации пространственного моделирования, документирования допущений и визуализации результатов.
СПК-1. Способен использовать современные компьютерные методы обработки и источники данных о потоках парниковых газов для подготовки стратегий низкоуглеродного развития.	<i>Знать:</i> источники данных о потоках ПГ (инвентаризации, модели, продукты ДЗЗ) и их ограничения.
	<i>Уметь:</i> обрабатывать их в ГИС/Google Earth Engine, получать территориально распределённые показатели.
	<i>Владеть:</i> навыками разработки скриптов (EE/Python).
СПК-3. Способен разрабатывать стратегии низкоуглеродного развития городов и регионов, включая разделы генпланов и стратегий.	<i>Знать:</i> пространственные инструменты градостроительного и регионального планирования.
	<i>Уметь:</i> строить карты сценариев развития, оценивать выгоды от реализации мер пространственного планирования.
	<i>Владеть:</i> методами сценарного моделирования, картирования риска и подготовки карт-решений.

3.2 Форма проведения учебных занятий по дисциплине

Вид работы	Трудоемкость (в академических часах)
Общая трудоемкость	144
Аудиторная работа:	32
Лекции	16
Семинары	16
Лабораторные работы	-
Самостоятельная работа:	112
Курсовой проект, курсовая работа	
Расчетно-графическое задание	66
Решение задач	16
Написание реферата	16
Написание эссе	
Самостоятельное изучение разделов	
Контрольная работа	
Подготовка к тестированию	
Подготовка к коллоквиуму	
Подготовка к устному или письменному ответу по темам дисциплины	
Обработка библиографических данных	
Подготовка докладов по теме дисциплины	
Подготовка презентаций по теме дисциплины	
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.)	12
Подготовка и сдача экзамена	2
Вид промежуточного контроля	экзамен

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

4.1. Объем дисциплины Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, что составляет 144 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</u> <u>СРМ</u> и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемо сти (<i>по неделям семестра</i>). Форма промежут очной аттестаци и (<i>по семестра м</i>)
				лекц ия	сем ина р	СРМ	
1	Тема 1. Введение в ГИС для низкоуглеродного планирования	4	1	2	2	16	Проверка письменной работы
2	Тема 2. Источники и стандарты пространственных данных	4	2	2	2	16	Расчетно-графическое задание
3	Тема 3. Предварительная обработка и качество данных	4	3	2	2	16	Проверка работы в ГИС
4	Тема 4. Пространственные модели выбросов по секторам деятельности	4	4	2	2	16	Расчетно-графическое задание
5	Тема 5. Многокритериальная оценка пригодности	4	5	2	2	16	Расчетно-графическое задание
6	Тема 6. Сценарии низкоуглеродного развития и сопутствующие выгоды	4	6	2	2	16	Расчетно-графическое задание
7	Тема 7. Визуализация результатов пространственного моделирования сценариев низкоуглеродного развития	4	7-8	4	4	16	Расчетно-графическое задание
	Форма контроля						экзамен
	Итого:			16	16	112	144

4.2. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в ГИС для низкоуглеродного планирования. цели и задачи курса; базовые термины; уровни планирования (квартал–город–регион); роль ГИС в инвентаризациях и сценариях; обзор стеков (ArcGIS/QGIS, GEE, PostGIS); типы пространственных данных (вектор/растр/временные ряды); источники неопределённости;

принципы репродуцируемости (скрипты, версии данных); этика и приватность; примеры кейсов из городов РК/ЦА.

Задания для самостоятельной работы: эссе о роли пространственного анализа в декарбонизации; мини-обзор источников данных для выбранного города.

Тема 2. Источники и стандарты пространственных данных. Муниципальная и государственная статистика и ее соответствие нормам IPCC/GPC; кадастр, адресный реестр, застройка; транспорт (интенсивность, скоростные профили, OD-матрицы); OSM и коммерческие данные; продукты ДЗЗ (Sentinel/Landsat, VIIRS NTL, WorldCover, population grids и др.); данные коммунальных служб и тепловых сетей; коэффициенты эмиссий (национальные/IPCC); метаданные (ISO 19115), лицензии и открытые данные; сопоставимость шкал и разрешений; управление каталогом данных.

Задания для самостоятельной работы: инвентаризация слоёв с метаданными; карта охвата/пробелов; таблица соответствия «категория выбросов → слой/источники».

Тема 3. Предварительная обработка и качество данных: системы координат и перепроецирование; согласование разрешений/экстента; ресемплинг (near/bilinear/cubic) и его влияние; проверка геометрии и топологии; обработка и нормализация атрибутов; временная согласованность (квартал/год); маскирование облаков и заполнение пробелов в ДЗЗ; мозаики и композиты; контроль качества (валидация/верификация выборки); оценка неопределённости и чувствительности; автоматизация процессов предварительной обработки (ModelBuilder/Python/GEE).

Задания для самостоятельной работы: собрать модель предварительной обработки данных дистанционного зондирования 3–4 слоёв; сравнить результаты при разных методах ресемплинга; краткий отчёт об источниках ошибок.

Тема 4. Пространственные модели выбросов по секторам деятельности Подходы bottom-up и top-down; учет типов зданий, теплопотери сетей; электроэнергия и локальная генерация; моделирование выбросов транспорта; отходы; промышленность; сельское хозяйство; поглощение парниковых газов (зелёная инфраструктура, почвенный углерод); локальные климатические зоны (LCZ) и связь с энергопотреблением; калибровка моделей по статистическим данным.

Задания для самостоятельной работы: расчет и карта выбросов для одного сектора деятельности в городе или регионе.

Тема 5. Многокритериальная оценка пригодности. Постановка задачи и критериев; стандартизация шкал; весовые коэффициенты (АНР, парные сравнения, энтропийные веса); карты ограничений и исключений; наложение критериев (weighted overlay); учёт пространственной автокорреляции; анализ конфликтов использования; сценарные веса; устойчивость и чувствительность; вовлечение стейкхолдеров.

Задания для самостоятельной работы: карта пригодности для одной меры (например, EV-зарядные станции); анализ чувствительности (варианты весов → изменение приоритетов); краткие рекомендации.

Тема 6. Сценарии низкоуглеродного развития и сопутствующие выгоды. Определите текущих параметров. Базовый и альтернативные сценарии изменения углеродоемкости; темпы внедрения и эффекты замещения; сопутствующие эффекты реализации мер, включая энергоэффективность и качество воздуха; снижение островов тепла.

Задания: Разработка пространственных прогнозов изменения углеродоемкости региона или города с картами разностей.

Тема 7. Визуализация результатов пространственного моделирования сценариев низкоуглеродного развития. Картографический дизайн (проекция, экстенд, способы отображения, анаморфозы); цветовые шкалы; легенды и единицы измерения; показ неопределённости на картах; интерактивные веб-карты/сторимэпс; публикация и цитирование данных.

Задания для самостоятельной работы: разработка интерактивной карты по выбранной мере низкоуглеродного развития;

4.3. Аннотация программы

Дисциплина нацелена на освоение навыков применения ГИС и ДЗЗ для оценки углеродоёмкости и планирования низкоуглеродного развития на уровнях квартал–город–регион. Рассматриваются источники и стандарты пространственных данных (статистика, кадастр, транспорт/коммунальные реестры, OSM, Sentinel/Landsat и др.), их предобработка и контроль качества, построение секторных моделей выбросов/поглощения с калибровкой, MCDA для размещения решений, сценарный анализ с учётом сопутствующих выгод, принципы воспроизводимости и этики.

Практика — кейсы городов Республики Казахстан в ArcGIS/QGIS, Google Earth Engine; выпускник умеет организовывать каталоги данных и воспроизводимые пайплайны, разрабатывать и визуализировать сценарии (в т.ч. интерактивные карты), строить карты «стоимость–эффект» и формулировать рекомендации для достижения низкоуглеродного развития.

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 в ГИС - технологии в планировании низкоуглеродного развития городов и регионов.	УК-3, ОПК-2, ПК-8; СПК-1; СПК-3	Проверка письменной работы
2	Тема 2. Источники и стандарты пространственных данных	УК-3, ОПК-2, ПК-8; СПК-1; СПК-3	Расчетно-графическое задание
3	Тема 3. Предварительная обработка и качество данных	УК-3, ОПК-2, ПК-8; СПК-1; СПК-3	Проверка работы в ГИС
4	Тема 4. Пространственные модели выбросов по секторам деятельности	УК-3, ОПК-2, ПК-8; СПК-1; СПК-3	Расчетно-графическое задание
5	Тема 5. Многокритериальная оценка пригодности.	УК-3, ОПК-2, ПК-8; СПК-1; СПК-3	Расчетно-графическое задание
6	Тема 6. Сценарии низкоуглеродного развития и сопутствующие выгоды	УК-3, ОПК-2, ПК-8; СПК-1; СПК-3	Расчетно-графическое задание
7	Тема 7. Визуализация результатов пространственного моделирования сценариев низкоуглеродного развития	УК-3, ОПК-2, ПК-8; СПК-1; СПК-3	Расчетно-графическое задание

6.2. Учебно-методические рекомендации для обеспечения самостоятельной работы студентов

Семинар 1

Тема: Введение в ГИС - технологии в планировании низкоуглеродного развития городов и регионов.

Задания.

Эссе (700–1000 слов) о роли пространственного анализа в декарбонизации. Необходимо раскрыть термины «углеродоёмкость», «углеродный след», обосновать место ГИС в инвентаризациях и сценарном планировании; привести 1–2 примера из практики городов/регионов Казахстана или Центральной Азии.

Обзор источников данных для выбранного города: перечислить 8–12 пространственных слоёв (статистика, кадастр, застройка, транспорт, коммунальные реестры, OSM, продукты ДЗЗ), указать охват, разрешение/масштаб, период наблюдений, систему координат, лицензию/доступ.

Цели.

Сформировать единую терминологию; показать роль ГИС и ДЗЗ в инвентаризациях и сценариях; обозначить требования к воспроизводимости (скрипты, версии данных) и к соблюдению этических норм и конфиденциальности.

Подготовка.

Просмотреть материалы лекции; подобрать источники данных по своему городу; наметить структуру эссе; подготовить черновую таблицу метаданных.

Ход занятия.

Краткий опрос по терминам → обсуждение задач курса и уровней планирования → короткие сообщения о найденных источниках (по 3–5 мин) → разбор типовых ошибок в описании метаданных.

Отчётность.

Эссе (DOCX/PDF) и таблица метаданных (XLSX/CSV на 1–2 стр.).

Семинар 2

Тема: Источники и стандарты пространственных данных

Задания.

Инвентаризация слоёв с метаданными (не менее 15 позиций): статистика и кадастр, адресный реестр, застройка, транспортные данные (интенсивность, скоростные профили, матрицы «происхождение-назначение»), OSM, продукты ДЗЗ (Sentinel, Landsat, ночная освещённость, глобальные карты земного покрова, сетки населения), данные коммунальных служб и тепловых сетей, коэффициенты эмиссий (национальные и согласно IPCC). Для каждой позиции указать: наименование, охват, период, разрешение/масштаб, систему координат, источник/ссылку, формат, лицензию.

Карта охвата и пробелов данных: на единой карте показать доступные слои и «белые пятна» (отсутствуют, устарели, не точны).

Таблица соответствия «категория выбросов → слои/источники»: для категорий (здания и теплоснабжение; электроэнергия; транспорт; отходы; промышленность; сельское хозяйство; поглотители) сопоставить необходимые источники данных и масштаб расчёта.

Цели.

Научиться оценивать пригодность источников под требования IPCC, учитывать лицензионные ограничения, сопоставимость масштабов и разрешений.

Подготовка.

Собрать ссылки и примеры данных; изучить ключевые поля метаданных (ISO 19115 на практическом уровне); определить границы исследуемой территории.

Ход занятия.

Примеры корректно оформленных метаданных → групповая оценка каталогов → составление карты охвата/пробелов → обсуждение рисков, связанных с качеством и правовым статусом данных.

Отчётность.

Каталог (XLSX/CSV), карта охвата/пробелов (PDF/PNG и файл проекта), таблица соответствия (XLSX).

Семинар 3

Тема: Предварительная обработка и качество данных

Задания.

Поток обработки данных ДЗЗ для 3–4 слоёв: приведение к единой системе координат; согласование разрешений и рамки; ресемплирование (методы «ближайший сосед», билинейное, бикубическое) с демонстрацией различий; мозаика/композит; маскирование облаков и шумов; нормализация атрибутов. Реализовать в виде модели (ModelBuilder) или скрипта (Python/Google Earth Engine).

Сравнение методов ресемплирования: на тестовой площадке (не менее 10×10 км) оценить влияние разных методов на итоговые показатели; оформить карту разностей и краткий вывод.

Отчёт об источниках ошибок и неопределённости по каждому слою и их влиянии на итоговые оценки.

Цели.

Освоить типовые процедуры предобработки, показать влияние выбора методов на результат, закрепить требования к воспроизводимости.

Подготовка.

Подобрать 3–4 слоя; выбрать целевую систему координат и разрешение; подготовить окружение для выполнения скриптов.

Ход занятия.

Разбор типичных проблем (несовпадение систем координат, искажённые значения после ресемплирования) → практическая сборка потока обработки → проверка результатов наложением и картами разностей.

Отчётность.

Скрипт/модель и краткое описание; карта разностей (PDF/PNG); сводная таблица сравнения и отчёт (до 1 стр.).

Семинар 4

Тема: Пространственные модели выбросов по секторам деятельности

Задания.

Расчёт и картографирование выбросов для одного сектора (на выбор: здания и теплоснабжение; электроэнергия и локальная генерация; транспорт; отходы; промышленность; сельское хозяйство; либо карта поглотителей — зелёная инфраструктура, почвенный углерод).

Указать подход (расчёт «снизу вверх» или «сверху вниз»), исходные данные и коэффициенты эмиссий.

Выполнить пространственное распределение (например, сетка 250–1000 м, согласованная с результатами темы 3).

Провести калибровку по имеющейся статистике (район, город, регион) и зафиксировать допущения.

Подготовить итоговую карту в физических единицах (т CO₂-экв./год; при необходимости — т/км²/год, т/чел./год).

Цели.

Сформировать навыки построения воспроизводимых моделей по секторам, согласования их со статистикой и корректного представления результатов.

Подготовка.

Выбор сектора; сбор исходных слоёв и коэффициентов; проверка соответствия периодов и единиц измерения.

Ход занятия.

Краткий разбор подходов и примеров → самостоятельная работа с данными → консультации по калибровке и проверке качества → представление промежуточных результатов.

Отчётность.

Итоговая карта (PDF/PNG и файл проекта), таблица расчётов (XLSX/CSV), пояснительная записка (до 2 стр.).

Семинар 5

Тема: Многокритериальная оценка пригодности

Задания.

Карта пригодности для одной меры (например, размещение пунктов зарядки электромобилей, площадки для фотоэлектрических установок, модернизация тепловых сетей, защитное озеленение).

Сформулировать не менее 5 критериев, описать шкалы и источники; выполнить стандартизацию показателей (например, 0–1, z-преобразование или функции принадлежности).

Определить веса критериев: метод анализа иерархий, парные сравнения или энтропийный метод; обосновать выбор.

Построить карты ограничений и исключаемых территорий; выполнить взвешенное наложение слоёв и получить карту пригодности.

Анализ чувствительности: пересчитать результат для 2–3 альтернативных наборов весов, оценить устойчивость ранжирования территорий.

Краткие рекомендации по выбору приоритетных площадок с указанием ограничений.

Цели.

Закрепить навыки постановки много-критериальных задач, стандартизации, взвешивания, проверки устойчивости и подготовки управленческих рекомендаций.

Подготовка.

Собрать исходные слои; определить пороговые значения и ограничения; выбрать метод взвешивания.

Ход занятия.

Разбор примеров много-критериальных решений → практическая стандартизация и взвешивание → формирование карты пригодности → оценка чувствительности и обсуждение выводов.

Отчётность.

Карта пригодности и карты критериев (PDF/PNG), таблица весов и результатов (XLSX), краткая записка с выводами (до 1 стр.).

Семинар 6

Тема: Сценарии низкоуглеродного развития и сопутствующие выгоды

Задания.

Разработка пространственных прогнозов изменения углеродоёмкости для базового и не менее двух альтернативных сценариев.

Задать исходные параметры (текущие уровни, темпы внедрения мер, эффекты замещения по секторам).

Пересчитать карты выбросов/поглотителей для каждого сценария.

Построить карты разностей «сценарий – базовый сценарий», выделить зоны роста и снижения показателей; кратко интерпретировать причины.

Цели.

Научиться формализовать сценарии и выявлять пространственные эффекты, учитывать сопутствующие выгоды (энергоэффективность, качество воздуха, снижение тепловых аномалий в городе).

Подготовка.

Определить сценарные допущения; подготовить исходные карты из тем 2–4; согласовать единицы и период.

Ход занятия.

Краткий разбор подходов к сценарированию → работа над параметрами сценариев → построение карт разностей → обсуждение интерпретации результатов.

Отчётность.

Набор карт (базовый и альтернативные сценарии + разности) и таблица сценарных параметров (XLSX); краткие пояснения (до 1 стр.).

Семинар 7

Тема: Визуализация результатов пространственного моделирования сценариев низкоуглеродного развития

Задания.

Интерактивная веб-карта по выбранной мере или сценарию.

Определить целевую аудиторию (орган управления, бизнес, общественность) и ключевые вопросы.

Оформить легенды, единицы измерения, подписи, ссылку на метаданные; при необходимости — показать степень надёжности (например, градации уверенности).

Реализовать переключение слоёв (базовый и альтернативные сценарии, карты разностей), элементы доступности (контраст, удобочитаемость, учёт цветового зрения).

Подготовить краткое текстовое сопровождение (пояснительные абзацы и подписи к иллюстрациям).

Цели.

Освоить принципы картографического дизайна, обеспечить корректную и понятную для пользователя подачу результатов и источников данных.

Подготовка.

Собрать итоговые слои из тем 4–6; подготовить легенды и текстовые пояснения; выбрать техническое средство публикации.

Ход занятия.

Эскиз структуры представления данных → сборка веб-карты → взаимная рецензия с учётом замечаний → итоговая доработка.

Отчётность.

Ссылка на опубликованную карту (или архив проекта), 1–2 иллюстрации с ключевыми экранами (PNG/PDF), описание набора данных и источников (файл с пояснениями).

Тесты текущего контроля знаний по дисциплине

Компетенци и выпускников	Вопрос
УК-3.	<p><i>Какова корректная последовательность этапов жизненного цикла ГИС-проекта?</i></p> <p>А) Планирование → инициация → мониторинг и контроль → исполнение → завершение</p> <p>В) Инициация → планирование → исполнение → мониторинг и контроль → завершение</p> <p>С) Инициация → исполнение → планирование → завершение → мониторинг и контроль</p> <p>Д) Планирование → исполнение → завершение → мониторинг и контроль → аудит</p> <p><i>Что должно входить в план обеспечения качества данных на этапе планирования работ?</i></p> <p>А) Выбор цветовой палитры и макета печатной карты</p> <p>В) Целевая система координат и единое пространственное разрешение; правила маскирования облаков; требования к метаданным и лицензиям</p> <p>С) Расписание устных докладов и распределение времени по группам</p> <p>Д) Смета на продвижение интерактивной карты в сети</p>

	<p>Какое управленческое решение необходимо принять до начала расчётов и оценки пригодности, чтобы обеспечить сопоставимость результатов?</p> <p>A) Выбор метода взвешивания критериев в MCDA B) Определение целевой CRS, пространственного разрешения и рамки анализа для всех слоёв C) Подбор шрифтов и размеров подписей для легенд D) Публикация чернового сторимэпса для обратной связи</p> <p><i>Что является признаком воспроизводимого хода работ по содержанию курса?</i></p> <p>A) Ручная правка слоёв без фиксации параметров B) Наличие скриптов предобработки и расчётов с зафиксированными параметрами, версий данных и краткого README C) Хранение данных в произвольной структуре папок D) Перенос данных между компьютерами флеш-накопителем без контроля версий</p>
ОПК-2.	<p><i>Какие минимально необходимые составляющие требуются для расчёта пространственно распределённых выбросов по сектору с учётом экологических особенностей?</i></p> <p>A) Перепроецирование растров и мозаика слоёв B) Профили скоростей на дорогах и выбор шкалы подписей C) Пространственно привязанные данные об активности + соответствующие коэффициенты эмиссий + экологические модификаторы (например, градусо-сутки, состав топлива, влажность) D) Границы районов и численность населения</p> <p><i>Какой набор данных наилучшим образом подходит для оценки городского поглощения CO₂ зелёной инфраструктурой?</i></p> <p>A) Высокодетальная карта древесного покрова/кронирования + аллометрические модели (или коэффициенты) биомассы по породам/биомам B) Ночная освещённость и контуры зданий C) Температура подстилающей поверхности и дорожная сеть D) Сетки населения и точки интереса (POI)</p> <p><i>Что верно характеризует локальные климатические зоны (LCZ)?</i></p> <p>A) LCZ — классификация почвенных типов B) LCZ применимы только при анализе данных метеостанций C) LCZ совпадают с административным зонированием города D) LCZ различают морфологию застройки и типы подстилающей поверхности, что используется для аппроксимации энергопотребления и оценки городского теплового острова</p> <p><i>Как корректно откалибровать рассчитанную по методу «сверху вниз» карту выбросов электроэнергетики путем сопоставления с официальной статистикой?</i></p> <p>A) Сразу перевести показатели в т/га и принимать полученные значения без сопоставления B) Выполнить распределение отчётного итога по сетке по косвенным-индикаторам спроса с контрольным масштабированием, обеспечивающим совпадение сумм с официальными данными C) Использовать карты ночной освещённости. В нормировании нет необходимости</p>

	<p>D) Пользоваться только доступными статистическими данными, даже если они неполные, без привлечения дополнительных пространственных источников, чтобы не исказить реальность.</p>
ПК-8.	<p><i>Какой шаг является обязательным для сопоставимости критериев в многокритериальной оценке пригодности?</i></p> <p>A) Взвешивание критериев по методу анализа иерархий B) Наложение карт ограничений C) Приведение показателей критериев к сопоставимой шкале (0–1, z-преобразование, функции принадлежности) D) Выбор цветовой гаммы легенды</p> <p><i>Что является минимально достаточным набором для построения карты «стоимость—эффект»?</i></p> <p>A) Карта численности населения и плотности дорожной сети B) Величина «цены углерода» C) Карта пригодности и стоимость подключения к сети D) Пространственная карта затрат и пространственная карта ожидаемого сокращения ПГ (т CO₂-экв.) в сопоставимом временном срезе</p> <p><i>Как рекомендуется проверять устойчивость результатов многокритериального анализа пригодности?</i></p> <p>A) Увеличить пространственное разрешение вдвое B) Перебирать альтернативные наборы весов и порогов; фиксировать изменения ранга/площади приоритетных зон C) Сменить проекцию карты D) Перекрасить карту в другую палитру</p> <p><i>Какая практика обеспечивает прозрачную экспертную проверку (валидацию) результатов?</i></p> <p>A) Сформировать сопоставление с независимыми данными и опубликовать список допущений, версии данных/скриптов (README/метаданные), а также карты расхождений B) Удалить несогласующиеся наблюдения C) Подгонять веса до совпадения с ожидаемым результатом D) Ограничиться устным обсуждением без фиксации</p>
СПК-1.	<p><i>Какие три класса источников данных целесообразно комбинировать для территориально распределённых оценок потоков ПГ на уровне города/региона?</i></p> <p>A) Муниципальные/национальные инвентаризации + продукты ДЗЗ (индексы растительности, карты покрова) + отраслевые модели/коэффициенты эмиссий B) Соцсети + открытые фотографии + опросы жителей C) Административные границы и численность населения D) Атласы климатических норм</p> <p><i>Какой порядок операций корректен для расчёта среднегодового показателя по временному ряду Sentinel-2 в границах города в Google Earth Engine?</i></p> <p>A) Экспорт в GeoTIFF → фильтрация по датам → маскирование облаков → расчёт индекса → композит B) Маскирование облаков → композит → расчёт индекса → фильтрация по датам → экспорт</p>

	<p>С) Расчёт индекса → экспорт → маскирование облаков → фильтрация по датам → композит</p> <p>Д) Фильтрация по датам/району интереса → маскирование облаков → расчёт индекса (например, EVI) → агрегирование (медианный/средний композит за год) → экспорт с заданием системы координат/масштаба/рамки</p> <p><i>Какой показатель ДЗЗ чаще всего используют в курсе для оценки продуктивности растительного покрова (при прочих равных) при оценке поглощения углерода?</i></p> <p>А) Ночная освещённость</p> <p>В) Временной ряд индексов растительности (EVI/NDVI)</p> <p>С) Плотность дорожной сети</p> <p>Д) Уклоны рельефа в градусах</p> <p><i>Что обязательно зафиксировать при экспорте растровых результатов для целей мониторинга/отчётности, чтобы обеспечить воспроизводимость и сопоставимость?</i></p> <p>А) Цветовую палитру и подписи</p> <p>В) Название файла и дату выгрузки</p> <p>С) Систему координат (CRS), пространственное разрешение и рамку, значение «нет данных», основные метаданные (период, источник, версия скрипта)</p> <p>Д) Список используемых шрифтов и размер легенды</p>
СПК-3.	<p>Что является минимально достаточным составом пространственно обоснованного сценария низкоуглеродного развития?</p> <p>А) Зафиксированная базовая линия; перечень мер с картами приоритетных территорий (на основе многокритериальной оценки и карт ограничений); темпы внедрения и эффекты замещения; карты разностей «сценарий – базовая линия»; оценка сопутствующих выгод (качество воздуха, снижение тепловых аномалий) и рисков.</p> <p>В) Список мер.</p> <p>С) Интерактивная карта без расчётов и описания допущений.</p> <p>Д) Финансовый план.</p> <p><i>Как корректно сформировать базовую линию для последующего сценарного анализа?</i></p> <p>А) Взять последний доступный год и экстраполировать линейно без проверки согласованности.</p> <p>В) Усреднить все имеющиеся годы, не учитывая изменения методик.</p> <p>С) Зафиксировать отчётный период и параметры спроса/текущих мер; собрать согласованные по системе координат и разрешению наборы; проверить сопоставимость со статистикой; документировать допущения.</p> <p>Д) Выбрать произвольный период по удобству наличия данных.</p> <p><i>Что обязательно включить при приоритизации размещения объектов (например, солнечных установок или пунктов зарядки электромобилей) в составе карт ограничений?</i></p> <p>А) Ночную освещённость и «популярность» мест по отзывам.</p> <p>В) Границы рекламных зон.</p>

	<p>С) Санитарно-защитные зоны, охранные зоны линий электропередачи/трубопроводов, водоохранные зоны, ограничения землепользования и зонирования.</p> <p>Д) Руководства по выбору цветовой палитры.</p> <p><i>Какой комплект материалов обеспечивает понятную коммуникацию результатов сценариев для лиц, принимающих решения?</i></p> <p>А) Набор «сырых» растров и таблиц без пояснений.</p> <p>В) Интерактивная карта со слоями «базовая линия/сценарии/разности», карта «стоимость—эффект» и краткая пояснительная записка с метаданными, единицами и допущениями.</p> <p>С) Публикации в социальных сетях без методического описания.</p> <p>Д) Печатная карта без легенды и шкал.</p>
--	--

6.4 Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

1. Дайте определения терминам «углеродоёмкость», «углеродный след», «декарбонизация». Поясните, зачем в этих оценках необходимы ГИС и данные дистанционного зондирования (ДЗЗ).
2. Сопоставьте уровни планирования «квартал—город—регион» и данные: какие пространственные данные и показатели уместны на каждом уровне? Приведите по одному примеру управленческого решения на каждом уровне.
3. Перечислите основные источники пространственных данных для инвентаризаций: муниципальная и государственная статистика, кадастр, адресный реестр, транспортные и коммунальные данные, OSM, ДЗЗ. Оцените их пригодность под рамки IPCC/GPC.
4. Что должно содержать корректное описание метаданных (по ISO 19115) для слоя земного покрова?
5. Поясните, как выбор системы координат и единиц измерения влияет на результаты расчётов.
6. Сравните методы ресемплирования (ближайший сосед, билинейное, бикубическое): в каких случаях и почему каждый из них предпочтителен? Приведите пример влияния на итоговый показатель.
7. Составьте схему предварительной обработки для набора из 3–4 растров ДЗЗ
8. Сравните подходы «снизу вверх» (bottom-up) и «сверху вниз» (top-down) при построении пространственных моделей выбросов. Укажите преимущества, ограничения и пример данных для калибровки каждого подхода.
9. Постройте концептуальную схему расчёта выбросов в секторе «здания и теплоснабжение» для города: какие исходные слои, эмиссионные факторы и формулы потребуются? Как учитывать теплотери сетей?
10. Объясните, как локальная генерация электроэнергии (например, крышные СЭС) отражается в пространственном распределении выбросов. Как согласовать это с городскими статистическими данными?
11. Для сектора «транспорт» опишите, как на основе интенсивности движения, профилей скоростей и дорожной сети получить карту выбросов. Какие прокси-показатели применимы при дефиците наблюдений?
12. Для сектора «отходы» опишите подход к картированию метановых выбросов полигонов ТБО: исходные данные, коэффициенты, пространственное распределение, проверка на согласованность.

13. Для сектора «промышленность» предложите метод локализации точечных источников и оцените ограничения статистики. Как перераспределить агрегированные отраслевые данные по территории?
14. Для сектора «сельское хозяйство» перечислите ключевые виды деятельности, формирующие выбросы в городе/агломерации, и предложите набор пространственных слоёв для их оценки.
15. Объясните, как оценивать поглотители парниковых газов в городской среде: зелёная инфраструктура, древесно-кустарниковая растительность. Какие данные и коэффициенты нужны для карты поглощения?
16. Опишите подход к учёту почвенного углерода в городской/пригородной зоне. Какие источники (например, глобальные сетки почвенных свойств) и какие преобразования понадобятся?
17. Что такое локальные климатические зоны (LCZ)? Как использовать LCZ при оценке энергопотребления зданий и приоритизации мер озеленения и охлаждения города?
18. Объясните процесс калибровки пространственной модели по официальной статистике: сопоставление единиц измерения, временных интервалов, метод исправления систематических смещений.
19. Сформулируйте задачу много-критериальной оценки пригодности для размещения пунктов зарядки электромобилей: определите не менее пяти критериев и их шкалы.
20. Предложите метод установления весов критериев (например, метод анализа иерархий). Покажите, как составить матрицу попарных сравнений и проверить согласованность.
21. Объясните, что такое «карты ограничений» и «исключаемые территории» в много-критериальной оценке. Приведите три примера ограничений для задач возобновляемой энергетики и зелёной инфраструктуры.
22. Опишите процедуру анализа чувствительности: как изменять веса, какие показатели устойчивости карты пригодности оценивать, как интерпретировать результаты.
23. Сформулируйте базовый (исходный) и два альтернативных сценария низкоуглеродного развития для выбранного города. Перечислите параметры, которые должны быть заданы для расчётов.
24. Объясните, как построить карты разностей «альтернативный сценарий – базовый сценарий» и по каким критериям выделять «горячие» и «холодные» зоны изменения показателей.
25. Дайте определение показателю «стоимость сокращения на 1 т CO₂-экв.». Как подготовить карту «стоимость—эффект» для приоритизации внедрения мер? Какие данные обязательны?
26. Перечислите принципы картографического дизайна итоговых карт: выбор проекции и рамки, читабельная легенда и единицы измерения, иерархия визуальных переменных.
27. Предложите способы отображения неопределённости на карте (например, доверительные интервалы, классы надёжности, набор вариантов карт). Когда какой способ предпочтителен?

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 базы как основы углеродного следа отрасли	Знание некоторых основных характеристик технологий традиционной энергетики, особенностей ресурсной базы, допускаются значительные ошибки при характеристике технологий современной тепловой энергетики.	Знает основные характеристики технологий традиционной энергетики, включая тепловую энергетику, однако допускает незначительные ошибки	В совершенстве знает основные характеристики технологий традиционной 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	Отчасти владеет информацией о существующих наиболее	Может назвать основные особенности и характеристики	Может назвать основные особенности и характеристики

	технологий возобновляемой энергетики, условия и масштабы их использования в различных регионах мира.	распространенных технологий возобновляемой энергетики, но не может назвать физико-географические условия, необходимые для их использования в заданном регионе.	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.	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 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	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.	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.

		энергии (атомная, водородная энергетика).	Слабое представление о водородной энергетике.	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 ₂ в производственных процессах. Не знает концепции и методы реализации принципов CCS, CCUS.	Владеет некоторым представлением об основных методах улавливания CO ₂ , однако слабо представляет способы транспортировки, захоронения и вторичного использования CO ₂ .	Уверенно ориентируется в основных методах улавливания CO ₂ , однако допускает ошибки при характеристике способов транспортировки, захоронения и вторичного использования CO ₂ .	Умеет самостоятельно описывать и анализировать преимущества основных методов улавливания CO ₂ , способы транспортировки, захоронения и вторичного использования CO ₂ .
Отсутствие владения	Отсутствует представление о методах и природных условиях, необходимых для долгосрочного захоронения CO ₂ в геологических формациях.	Обладает слабыми знаниями о методах и природных условиях, необходимых для долгосрочного захоронения CO ₂ , однако знает единичные примеры проектов по захоронению.	Обладает хорошим базисом знания в области оценки природных условий, необходимых для долгосрочного захоронения CO ₂ . 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	Фрагментированное владение характеристиками и основами	Владеет знаниями и навыками определения экономических	В совершенстве владеет основами методов оценки экономических

	экономических затрат на осуществление проектов улавливания, захоронения и вторичного использования CO ₂ . Слабо представляет сложившиеся подходы к декарбонизации отраслей промышленности и энергетики.	методов оценки экономических затрат на осуществление проектов улавливания, захоронения и вторичного использования CO ₂ . Может с ошибками перечислить сложившиеся подходы к декарбонизации отраслей промышленности и энергетики.	затрат на осуществление проектов улавливания, захоронения и вторичного использования CO ₂ , однако допускает значимые ошибки в анализе и сравнении сложившихся подходов к декарбонизации отраслей промышленности и энергетики	затрат на осуществление проектов улавливания, захоронения и вторичного использования CO ₂
--	--	---	--	--

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература:

1. Геоинформатика : учебник для вузов : в 2 кн. / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др. ; под ред. В. С. Тикунова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательский центр «Академия», 2019. — 480 с. — Текст : электронный // Сводные списки литературы вузов. — URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01011199769> (дата обращения: 01.09.2025).
2. Мастицкий, С. Э.; Шитиков, В. К. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. — 2-е изд., электронное. — Москва : ДМК Пресс, 2023. — 497 с. — ISBN 978-5-89818-601-2. — Текст : электронный. — URL: https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9785898186012_A48649493/preview-9785898186012_A48649493.pdf (дата обращения: 01.09.2025).
3. Лурье, И. К.; Самсонов, Т. Е. Основы геоинформатики : учебное пособие. — Москва : Географический факультет МГУ, 2016. — 200 с. — Текст : электронный // Национальная электронная библиотека (описание издания). — URL: https://rusneb.ru/catalog/000200_000018_RU_NLR_BIBL_A_011264092/ (дата обращения: 01.09.2025).
4. Экологический мониторинг : учебник для вузов / Е. А. Севрюкова ; под общ. ред. В. И. Каракеяна. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 397 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02491-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/469944> (дата обращения: 01.09.2025).

7.2 Дополнительная литература:

5. QGIS. Учебное пособие (Training Manual), версия 3.40. — Текст : электронный // Документация QGIS [сайт]. — URL: https://docs.qgis.org/3.40/ru/docs/training_manual/index.html (дата обращения: 01.09.2025).
6. QGIS. Руководство пользователя (User Manual), версия 3.40. — Текст : электронный // Документация QGIS [сайт]. — URL: https://docs.qgis.org/3.40/ru/docs/user_manual/index.html (дата обращения: 01.09.2025).
7. ArcGIS Pro. Краткие руководства (Quickstart Tutorials). — Текст : электронный // Esri [сайт]. — URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/get-started/pro-quickstart-tutorials.htm> (дата обращения: 01.09.2025).
8. ArcGIS Pro. Что такое геостатистика? — Текст : электронный // Esri, раздел Geostatistical Analyst [сайт]. — URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro->

app/latest/help/analysis/geostatistical-analyst/what-is-geostatistics-.htm (дата обращения: 01.09.2025).

7.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Среда программирования R;
2. Графический интерфейс R-Studio для использования среды программирования R
3. Геоинформационная система ArcGIS;
4. Геоинформационная система SAS Planet;
5. Геоинформационная система QGIS;
6. Подключаемый модуль MOLLUSCE для ГИС QGIS
7. Комплект офисных программ Microsoft Office

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Учебная аудитория с мультимедийным проектором для проведения лекционных и семинарских занятий;
2. Компьютерный класс с доступом в Интернет;
3. Персональные компьютеры, кинофильмы, фото, ролики по авариям, методам ликвидации последствий;
4. Геоинформационная система «ArcGIS»;
5. Программный комплекс «ЭРА».

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

Автор:

Дехнич В.С., к.г.н., доцент кафедры экологии и природопользования Казахстанский филиал МГУ

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.