

**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

**ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ В ОЦЕНКЕ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА**

**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

**Цель изучения дисциплины** заключается в формировании у студентов знаний и навыков, необходимых для применения глобальных баз экологической информации, а также продуктов дистанционного зондирования для оценки запасов и потоков углерода в естественных экосистемах. Это включает в себя освоение алгоритмов загрузки данных дистанционного зондирования из глобальных источников, понимание источников неопределенностей данных дистанционного зондирования и способов оценки значимости этих неопределенностей; методов оценки запасов и потоков углерода с применением данных дистанционного зондирования и геоинформационных систем.

**Задачами** изучения дисциплины являются:

1. Освоение основных продуктов дистанционного зондирования и способов оценки потоков углерода в экосистемах.
2. Изучение физических и технологических основ оценки потоков углерода методами дистанционного зондирования.
3. Изучение основных методов оценки неопределенностей и погрешностей данных дистанционного зондирования.
4. Освоение инструментов ГИС-анализа, необходимых для расчета запасов и динамики запасов углерода в экосистемах.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Курс относится к вариативной части дисциплин по выбору. Изучается на 2 курсе в 3 семестре. Курс нацелен на приобретение магистрантами компетенций, связанных с использованием современных информационных технологий в инвентаризации и планировании действий по оптимизации потоков парниковых газов в естественных экосистемах.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Компетенции выпускников	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с компетенциями
<b>УК-1.</b> Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий, формулировать научно обоснованные гипотезы, применять методологию научного познания в профессиональной деятельности.	<i>Знать:</i> принципы системного анализа и построения научной гипотезы в исследованиях углеродного цикла; требования к репрезентативности и качеству данных ДЗЗ и наземных наблюдений; основы воспроизводимости результатов. <i>Уметь:</i> формулировать проверяемые гипотезы о факторах потоков/запасов углерода; проектировать план исследования (переменные, выборка, контрольные зоны), выбирать методы проверки гипотез и критерии принятия решений. <i>Владеть:</i> навыками критического анализа источников и результатов; организации воспроизводимого вычислимого исследования (структура данных/кода, протоколы); аргументированного научного письма и представления выводов.

<p><b>ОПК-3.</b> Способен применять экологические методы исследований для решения научно-исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.</p>	<p><i>Знать:</i> Факторы, влияющие на потоки и запасы углерода в естественных экосистемах, а также факторы неопределенностей оценок запасов углерода в естественных экосистемах  <i>Уметь:</i> глобальные источники пространственных данных о запасах углерода в экосистемах  <i>Владеть:</i> навыками оценки запасов и динамики запасов углерода в естественных экосистемах с применением ГИС-технологий</p>
<p><b>ОПК-5.</b> Способен решать задачи профессиональной деятельности в области экологии, природопользования и охраны природы с использованием информационно-коммуникационных, в том числе геоинформационных технологий</p>	<p><i>Знать:</i> алгоритмы получения данных дистанционного зондирования для оценки запасов углерода в естественных экосистемах.  <i>Уметь:</i> выбирать наиболее подходящие данные дистанционного зондирования для исследования потоков углерода в экосистемах Казахстана  <i>Владеть:</i> инструментарием ГИС-систем, необходимых для получения информации о динамике запасов углерода в экосистемах</p>
<p><b>ПК-8.</b> Способен к экспертно-аналитической деятельности в сфере экологии и природопользования, планированию и выполнению профильных прикладных исследований с использованием современных подходов и методов</p>	<p><i>Знать:</i> методы калибровки и валидации оценок потоков/запасов углерода по ДЗЗ, подходы даунскелинга  <i>Уметь:</i> строить и верифицировать прикладные пространственные модели (регрессионные/ML) для углеродных показателей; интегрировать ДЗЗ с инвентаризационными и статистическими данными; готовить обоснованные экспертные выводы и рекомендации для управления.  <i>Владеть:</i> методами планирования прикладных исследований (ТЗ, дизайн выборки для ground truth), протоколами QA/QC данных и расчётов; подготовкой экспертных заключений и технико-аналитических отчётов.</p>
<p><b>СПК-1.</b> Способность использовать современные компьютерные методы обработки и источники данных о потоках парниковых газов в эколого-экономических исследованиях и разработке стратегий низкоуглеродного развития.</p>	<p><i>Знать:</i> геопорталы, позволяющие получить доступ к продуктам дистанционного зондирования, необходимым для оценки запасов углерода в естественных экосистемах  <i>Уметь:</i> учитывать погрешности данных дистанционного зондирования, специфичных для территории Казахстана в экологических исследованиях  <i>Владеть:</i> навыками картографического представления результатов оценки запасов углерода и их динамики в естественных экосистемах</p>

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

Вид работы	Трудоемкость (в академических часах)
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>108</b>
<b>Аудиторная работа:</b>	<b>54</b>
Лекции	18
Семинары	36
Лабораторные работы	
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>54</b>
Курсовой проект, курсовая работа	
Расчетно-графическое задание	28
Решение задач	
Написание реферата	
Написание эссе	
Самостоятельное изучение разделов	
Контрольная работа	
Подготовка к тестированию	
Подготовка к коллоквиуму	
Подготовка к устному или письменному ответу по темам дисциплины	20
Обработка библиографических данных	
Подготовка докладов по теме дисциплины	2
Подготовка презентаций по теме дисциплины	2
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.)	
Подготовка и сдача экзамена/зачета	2
<b>Вид промежуточного контроля</b>	<b>зачет</b>

### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

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

#### 4.2. Структура и содержание дисциплины

№ п / п	Наименование разделов и тема дисциплины	С е м е с т р	Неде ля семес тра	Контактная работа. Виды работы, часы			Самостоятельная работа обучающегося, часы.
				Ле к ци и	Сем и нар ы	СРМ	Виды СРМ Подготовка к текущему контролю по темам дисциплины
1.	Географические факторы потоков парниковых газов в естественных экосистемах	2	1-3	3	6	9	Тест, защита докладов, проверка задания в ГИС
2.	Дистанционное зондирование и аэрокосмические методы в оценке запасов углерода	2	4-6	3	6	9	Тест, проверка задания в ГИС
3.	Глобальные базы пространственной информации о запасах углерода	2	7-9	3	6	9	Тест, проверка задания в ГИС
4.	Неопределенности и погрешности данных дистанционного зондирования	2	10-13	3	6	9	Тест, проверка задания в ГИС
5.	ГИС-анализ в оценке запасов и динамики потоков углерода в естественных экосистемах	2	14-16	3	6	9	Тест, проверка задания в ГИС
6.	Картографическая визуализация результатов исследования потоков углерода в ландшафтах	2	17-18	3	6	9	Тест, презентация домашнего задания
	<b>Промежуточная аттестация</b>	2					<b>зачет</b>
	<b>Итого по дисциплине:</b>			<b>18</b>	<b>36</b>	<b>54</b>	<b>108</b>

#### 4.3. Содержание дисциплины

**1. Географические факторы потоков парниковых газов в естественных экосистемах.** Высотная и широтная зональность плотности биомассы. Роль экспозиции, крутизны и кривизны склона в формировании потоков углерода. Влияние изменений землепользования.

*Задания для самостоятельной работы магистранта:*

Подготовьте доклад о географических факторах пространственного распределения плотности биомассы в различных экосистемах

**2. Дистанционное зондирование и аэрокосмические методы в оценке запасов углерода.** Спутниковые данные для оценки углеродных запасов. Преимущества дистанционного зондирования. Ограничения аэрокосмических методов. Алгоритмы обработки данных

дистанционного зондирования для получения информации о потоках углерода. Валидация данных дистанционного зондирования

*Задания для самостоятельной работы магистранта:*

На примере выбранного ключевого участка сравните точность различных продуктов дистанционного зондирования, предоставляющих информацию о запасах углерода

**3. Глобальные базы пространственной информации о запасах углерода.** Глобальные базы данных о запасах углерода. Точность и актуальность данных. Способы доступа к данным. Интеграция различных источников данных.

*Задания для самостоятельной работы магистранта:*

На примере выбранной области Республики Казахстан выявите специфические погрешности глобальных баз пространственной информации о запасах углерода.

**4. Неопределенности и погрешности данных дистанционного зондирования.** Факторы неопределенности данных. Оценка точности данных. Методы уменьшения погрешностей. Влияние атмосферных условий на точность данных. Этапы предварительной обработки данных. Инструменты и ПО для обработки данных. Проблемы предварительной обработки

*Задания для самостоятельной работы магистранта:*

Используя ГИС, устраните погрешности данных дистанционного зондирования, предоставляющих информацию о запасах углерода.

**5. ГИС-анализ в оценке запасов и динамики потоков углерода в естественных экосистемах.** Моделирование динамики потоков углерода в пределах различных картографируемых единиц: пикселей, ландшафтов, административных единиц и др. с использованием ГИС. Интеграция пространственных данных в ГИС для анализа экосистем. Оценка точности ГИС-анализа в исследованиях углерода. Прогнозирование изменений запасов углерода в экосистемах в связи со сменой землепользования.

*Задания для самостоятельной работы магистранта:*

Подготовьте карту динамики и прогноз изменения запасов углерода в экосистемах на выбранном ключевом участке.

**6. Картографическая визуализация результатов исследования потоков углерода в ландшафтах.** Методы и способы картографического изображения на картах углеродных запасов и потоков. Визуализация динамики запасов углерода. Использование карт для анализа и прогнозирования изменений в потоках углерода

*Задания для самостоятельной работы магистранта:*

Оформите презентацию из серии карт, иллюстрирующих влияние антропогенных процессов на потоки углерода в экосистемах выбранного ключевого участка.

#### **4.4. Аннотация программы**

Дисциплина "Дистанционное зондирование в оценке запасов углерода" представляет собой комплексное изучение методов и технологий дистанционного зондирования Земли для анализа и оценки запасов углерода в естественных экосистемах. Курс охватывает широкий спектр тем, начиная от географических факторов, влияющих на потоки парниковых газов, до применения ГИС-анализа и картографической визуализации для изучения и представления данных. Магистранты научатся использовать глобальные базы данных, оценивать неопределенности и погрешности данных, а также осваивать предварительную обработку и коррекцию данных дистанционного зондирования.

Программа курса разработана для подготовки специалистов, способных проводить научные исследования и практическую работу в области экологии и природопользования. Особое внимание уделяется развитию навыков критического анализа и принятия обоснованных решений на основе данных дистанционного зондирования. Курс подготовит

слушателей к решению актуальных задач мониторинга окружающей среды, управления природными ресурсами и минимизации воздействия климатических изменений.

## 5. Используемые образовательные технологии

Использование образовательных технологий в преподавании дисциплины магистрантам ориентировано на применение не только традиционных форм обучения (лекции и семинары), но и широкое использование новых инновационных форм, которые учитывают те возможности, которые они открывают в процессе освоения учебных курсов при наличии большого массива информации. Использование технологий в современных условиях должно обеспечить повышение уровня фундаментальности образования и его ориентацию на умение магистрантами решать современные проблемы. В этой связи изменяется характер лекций и семинаров, получают новую форму проблемные лекции, которые ориентированы на воспитание компетенций и коллективных подходов.

Самостоятельная работа магистрантов предполагает подготовку теоретического материала и письменное выполнение упражнений. В рамках самостоятельной работы курс предполагает использование магистрантами сети Интернет и иных информационных технологий для поиска и анализа информации по словообразованию, работы с базами данных. Письменные домашние задания выполняются в электронной форме и высылаются преподавателю по e-mail.

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 при подготовке к текущему и промежуточному контролю;
- широкое использование новых информационных технологий при анализе статистических баз данных;
- самостоятельный анализ политико-экономических проблем общества;
- 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. Фонды оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине.

### 6.1. Формы текущего контроля успеваемости по дисциплине

Н/п	Наименование тем (разделов) дисциплины	Компетенции	Формы текущего контроля
1	Географические факторы потоков парниковых газов в естественных экосистемах	УК-1, ОПК-3. ОПК-5ПК-8; СПК-1	Тест. Практическая работа в ГИС.
2	Дистанционное зондирование и аэрокосмические методы в оценке запасов углерода	УК-1, ОПК-3. ОПК-5ПК-8; СПК-1	Тест. Практическая работа в ГИС.
3	Глобальные базы пространственной информации о запасах углерода	УК-1, ОПК-3. ОПК-5ПК-8; СПК-1	Тест. Практическая работа в ГИС.
4	Неопределенности и погрешности данных дистанционного зондирования	УК-1, ОПК-3. ОПК-5ПК-8; СПК-1	Тест. Практическая работа в ГИС.
6	ГИС-анализ в оценке запасов и динамики потоков углерода в естественных экосистемах	УК-1, ОПК-3. ОПК-5ПК-8; СПК-1	Тест. Практическая работа в ГИС.



7	Картографическая визуализация результатов исследования потоков углерода в ландшафтах	УК-1, ОПК-3, ОПК-5ПК-8; СПК-1	Тест. Практическая работа в ГИС.
---	--	-------------------------------	----------------------------------

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

*Методические указания к семинару 1 по теме «Географические факторы потоков парниковых газов в естественных экосистемах»*

На основе литературных и картографических материалов проанализируйте, как высотная и широтная зональность влияет на плотность биомассы и характер потоков углерода (баланс поглощения/эмиссий). Обратите внимание на роль экспозиции, крутизны и кривизны склонов: южные/северные экспозиции, подветренные/наветренные склоны, вогнутая/выпуклая форма — все это по-разному влияет на влагообеспеченность, температуру, продуктивность и, следовательно, на запасы и потоки углерода. Обсудите влияние изменений землепользования (распашка, вырубка, пастбищная дигрессия, урбанизация) на пространственное распределение биомассы. В рамках семинара сопоставьте минимум два природных пояса (например, лесной и степной) и два орографических положения (плато/склон), выделив факторы-драйверы различий.

Подготовьте доклад (8–12 слайдов, 7–10 мин) о географических факторах пространственного распределения плотности биомассы в выбранных экосистемах. Включите: краткую теоретическую схему факторов, 1–2 примера карт/профилей рельефа, аргументацию влияния экспозиции/крутизны/кривизны, короткое резюме о влиянии изменений землепользования. Укажите использованные источники данных и литературу.

*Методические указания к семинару 2 по теме «Дистанционное зондирование и аэрокосмические методы в оценке запасов углерода»*

Рассмотрите основные классы спутниковых данных, применяемых для оценки запасов углерода: оптические (индексы растительности, структурные метрики), радары (SAR для оценки структуры/влажности/шероховатости), лидар (высота полога, структура вертикального профиля), а также комбинированные продукты (биомасса/AGB). Сформулируйте преимущества ДЗЗ: масштабируемость, регулярность наблюдений, сопоставимость. Уточните ограничения: насыщение индексов в высоких биомассах, атмосферные и фенологические эффекты, геометрические и радиометрические ошибки, необходимость калибровки и валидации наземными данными. Обсудите базовый конвейер обработки: предварительная обработка, маскирование, расчёт показателей, регрессионные/машинно-обученческие модели, валидация и оценка точности.

На примере выбранного ключевого участка сравните точность не менее двух продуктов дистанционного зондирования, предоставляющих информацию о запасах углерода (например, глобальный продукт AGB vs. региональная модель). Представьте краткий отчёт (3–5 стр.) с описанием данных и методики сопоставления, метриками точности (MAE/RMSE/BIAS), картами расхождений и выводами о применимости продуктов для выбранного типа экосистем.

*Методические указания к семинару 3 по теме «Глобальные базы пространственной информации о запасах углерода»*

Изучите ключевые глобальные базы данных по запасам и потокам углерода: охват по времени и пространству, пространственное разрешение, методологию получения, формат и способы доступа/загрузки. Особое внимание уделите вопросам межсопоставимости: различия в исходных датасетах, масках землепользования, периодах и допущениях моделей. Обсудите стратегии интеграции разнородных источников: согласование проекций и разрешений, приведение легенд, перекодировка классификаций, оценка согласованности на

контрольных участках. Поднимите вопрос актуальности: как обновляемость и версия продукта влияют на интерпретацию трендов.

На примере выбранной области Республики Казахстан выявите специфические погрешности глобальных баз пространственной информации о запасах углерода. Подготовьте краткую записку (2–4 стр.) и 1–2 карты/схемы: укажите типичные артефакты (систематические смещения на определённых ландшафтах, «ступени» между тайлами, рассогласование с локальными данными), предположите причины и предложите способы корректировки (маскирование, перекалибровка, комбинирование слоёв).

*Методические указания к семинару 4 по теме «Неопределённости и погрешности данных дистанционного зондирования»*

Разберите источники неопределённости на всех этапах: сенсорные (шум, калибровка), атмосферные (аэрозоли, облачность, водяной пар), геометрические (смещение пикселей на крутых склонах), фенологические (сезонность), модельные (переносимость регрессий), а также ошибки наземных измерений для валидации. Отработайте базовые процедуры уменьшения погрешностей: атмосферная коррекция, облачно-тень-снег маски, сглаживание временных рядов, стратификация по ландшафтам, кросс-валидация, бутстреп-оценка доверительных интервалов. Обсудите оформление паспорта качества итоговых карт (QA/QC): легенда неопределённости, карты дисперсии/доверительных интервалов, отчёт о методике.

Используя ГИС, выполните минимальный конвейер исправления погрешностей для выбранного набора данных о запасах углерода: примените маски, приведите данные к единому разрешению/проекции, рассчитайте ключевой показатель и оцените его устойчивость (например, через перекрёстную проверку на нескольких стратах). Сдайте карту результата, карту неопределённости (или дисперсии) и краткое пояснение (до 2 стр.) о найденных ограничениях.

*Методические указания к семинару 5 по теме «ГИС-анализ в оценке запасов и динамики потоков углерода в естественных экосистемах»*

Сфокусируйтесь на интеграции пространственных слоёв для оценки динамики запасов/потоков на разных уровнях агрегирования: пиксель (10–100 м), ландшафтные единицы, административные границы. Обсудите выбор единицы анализа, сглаживание и агрегирование, работу с временными рядами (тренды, разрывы, события), а также сценарное моделирование влияния изменений землепользования на углеродные запасы (например, конверсия земель, деградация/восстановление). Разберите подход к оценке точности итоговых карт и агрегированных оценок (пропагирование ошибок при суммировании, стратификация, валидация на ключевых участках).

Подготовьте карту динамики и прогноз изменения запасов углерода на выбранном ключевом участке. Представьте: (1) карту базового состояния и карту тренда/изменения, (2) краткое описание метода прогнозирования (например, экстраполяция тренда/простая модель сценария), (3) таблицу агрегированных значений по выбранным единицам и (4) краткие выводы о чувствительности результата к исходным допущениям.

*Методические указания к семинару 6 по теме «Картографическая визуализация результатов исследования потоков углерода в ландшафтах»*

Разберите принципы визуализации углеродных запасов и потоков: выбор цветовых шкал для непрерывных показателей (AGB, плотность, неопределённость), способы показа динамики (разностные карты, стрелочные диаграммы, мини-карты тайлов, спарклайны), и композицию карт (легенда, единицы измерения, источники, методика, карта ошибок/неопределённости как обязательный слой). Обсудите читабельность для разных уровней обобщения (локальные кейсы vs. региональные обзоры), мультимасштабные компоновки и сопроводительные графики (гистограммы распределения, диаграммы потоков). Особое внимание уделите корректной интерпретации: что именно показывает карта и чего она НЕ показывает.

Оформите презентацию (10–14 слайдов) из серии карт, иллюстрирующих влияние антропогенных процессов на потоки углерода в экосистемах выбранного ключевого участка. Включите: карту базового состояния, карту изменений, карту неопределённости, 1–2 диаграммы, краткий методический слайд и выводы. Добавьте страницу с источниками данных и ссылками.

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

#### *Примерный перечень контрольных вопросов и заданий для контрольных (проверочных) работ*

1. Какие типы спутниковых сенсоров используются для дистанционного зондирования углеродных запасов?
2. Опишите процесс преобразования сырых данных дистанционного зондирования в информацию о запасах углерода.
3. Какие факторы влияют на точность данных дистанционного зондирования?
4. В чем заключается важность коррекции атмосферных искажений при обработке данных дистанционного зондирования?
5. Какие методы используются для оценки биомассы с помощью дистанционного зондирования?
6. Какие преимущества предоставляет использование разновременных данных дистанционного зондирования?
7. Какие ГИС-системы и инструменты применяются для анализа углеродных запасов?
8. Какие основные шаги включает предварительная обработка данных дистанционного зондирования?
9. Какие проблемы могут возникнуть при интеграции пространственных данных из различных источников?
10. Какие методы используются для валидации данных дистанционного зондирования?
11. Какие глобальные инициативы существуют для мониторинга углеродных запасов?
12. Какие аспекты необходимо учитывать при картографической визуализации данных о потоках углерода?
13. Какие подходы используются для моделирования ожидаемых изменений углеродных потоков?

#### *Тесты текущего контроля знаний по дисциплине*

Компетенция	Вопрос с вариантами ответов	Правильный ответ
ОПК-3.	Какой физико-географический фактор в северном полушарии в первую очередь определяет различия в инсоляции склонов и, как следствие, влияет на пространственное распределение плотности биомассы? А) Экспозиция склона В) Долготная зона С) Расстояние до автомобильных дорог D) Плотность населения	А — Экспозиция склона
ОПК-3.	Какая комбинация данных наименее подвержена насыщению при оценке высоких значений надземной биомассы (AGB)?	С — GEDI высота полога + ALOS PALSAR

	<p>A) Sentinel-2 NDVI + Landsat NDVI</p> <p>B) MODIS NDVI + SRTM высота</p> <p>C) GEDI высота полога + ALOS PALSAR (L-диапазон) обратное рассеяние</p> <p>D) VIIRS ночные огни + SRTM уклоны</p>	
ОПК-3.	<p>Что корректнее использовать для количественной оценки точности непрерывной карты AGB?</p> <p>A) Процент правильной классификации (OA)</p> <p>B) RMSE и смещение (BIAS) по независимым наземным данным</p> <p>C) Визуальная экспертная оценка</p> <p>D) Корреляция на обучающей выборке</p>	<p>В — RMSE и смещение по независимым наземным данным</p>
ОПК-3.	<p>Какой из перечисленных продуктов является глобальной картой запасов наземной биомассы?</p> <p>A) ERA5-Land температура воздуха</p> <p>B) ESA CCI Aboveground Biomass</p> <p>C) OpenStreetMap (здания)</p> <p>D) SRTM цифровая модель рельефа</p>	<p>В — ESA CCI Aboveground Biomass</p>
ОПК-5.	<p>Какой порядок этапов алгоритма обработки оптических спутниковых данных для оценки запасов углерода корректен?</p> <p>A) Индекс → Маскирование облаков → Атм. коррекция → Валидация</p> <p>B) Атм. коррекция → Маскирование облаков/теней → Расчёт показателей → Моделирование/оценка → Валидация</p> <p>C) Валидация → Моделирование → Атм. коррекция → Индекс</p> <p>D) Маскирование облаков → Индекс → Моделирование → Атм. коррекция</p>	<p>В — Атм. коррекция → Маскирование → Показатели → Моделирование → Валидация</p>
ОПК-5.	<p>Для мониторинга изменений лесной биомассы в Казахстане в 2019–2023 гг. наиболее уместен набор:</p> <p>A) MODIS NDVI 500 м без доп. данных</p> <p>B) Sentinel-2 (10 м) + Sentinel-1 (C-диапазон) серия наблюдений</p> <p>C) Landsat 5 (TM) 30 м</p> <p>D) Коммерческие снимки сверхвысокого разрешения без временного ряда</p>	<p>В — Sentinel-2 + Sentinel-1</p>

ОПК-5.	<p>Какой метод топографической коррекции чаще применяют для компенсации влияния рельефа в оптических данных?</p> <p>А) Гамма-фильтр          В) C-correction          С) Морфологическое открытие          D) Спектральное смещение (SMA)</p>	В — C-correction
ОПК-5.	<p>Как снизить сезонные артефакты при построении карты изменений AGB?</p> <p>А) Сравнивать любые отдельные сцены за разные годы без учёта сезона          В) Усреднять значения за весь календарный год          С) Сравнивать сопоставимые сезонные композиты (пик вегетации) и проводить стратификацию по типам землепокровия          D) Использовать только термальные каналы</p>	С — Сезонные композиты + стратификация
СПК-1.	<p>Какой геопортал предоставляет и данные, и облачную среду для их обработки (скрипты) на планетарном масштабе?</p> <p>А) USGS EarthExplorer          В) Copernicus Open Access Hub          С) Google Earth Engine          D) Sentinel Hub EO Browser</p>	С — Google Earth Engine
СПК-1.	<p>Как лучше учесть специфичные для Казахстана пылевые аэрозоли и засухи при анализе временных рядов индексов растительности?</p> <p>А) Игнорировать редкие аномалии          В) Применять QA-флаги облаков/аэрозолей, маски пыли/снега и сезонную стратификацию          С) Усреднять все наблюдения без фильтрации          D) Заменить NDVI на индекс ночных огней</p>	В — QA-флаги/маски + сезонная стратификация
СПК-1.	<p>Как корректно отразить неопределённость итоговой карты запасов углерода в публикации?</p> <p>А) Не указывать неопределённость, чтобы не перегружать карту          В) Добавить отдельный слой/карту стандартного отклонения или доверительного интервала и описать методику в легенде          С) Написать «качество высокое» в</p>	В — Карта неопределённости + описание

	подписи D) Приложить только scatter-plot	
СПК-1.	Какой тип данных напрямую предоставляет высоту полога растительности для оценки запасов углерода? A) Оптическая съёмка (RGB) высокого разрешения B) Лидарные профили (например, GEDI/ICESat-2) C) SAR C-диапазона без калибровки D) Термальные каналы	В — Лидарные профили (GEDI/ICESat-2)

#### 6.4 Типовые контрольные задания и иные материалы для проведения промежуточной аттестации (зачет)

1. Спектральные характеристики спутниковых сенсоров.
2. Пространственное, временное разрешение глобальных наборов данных, используемых в оценке запасов углерода.
3. Коррекция атмосферных искажений в данных дистанционного зондирования.
4. Использование нормализованного разностного вегетационного индекса (NDVI).
5. Методы оценки биомассы на основе спутниковых данных.
6. Преимущества разновременных данных для мониторинга экосистем.
7. Роль ГИС в анализе углеродных запасов.
8. Этапы предварительной обработки спутниковых изображений.
9. Интеграция данных различных источников в ГИС.
10. Валидация данных дистанционного зондирования.
11. Глобальные инициативы по мониторингу углеродных запасов.
12. Картографическая визуализация данных о потоках углерода.
13. Моделирование изменений углеродных потоков.
14. Стратегии уменьшения неопределенностей оценок запасов углерода в экосистемах.
15. Сезонные изменения в потоках углерода.

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

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)		
Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	незачет	зачет
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устные и письменные опросы, контрольные работы, тесты, и т.п.)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания, написание и защита рефератов на заданную тему и т.п.)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускаются неточности не принципиального характера)

<b>Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: зачет)</b>	Наличие отдельных навыков (владений, опыта) или отсутствие навыков (наличие фрагментарного опыта)	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме
---	---	--

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература:

1. Геоинформатика : в 2-х кн. Кн. 1 : учеб. пособие / ред. В. С. Тикунов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Академия, 2010. - 400 с. Текст непосредственный.
2. Балдина, Е. А.; Лабутина, И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: «КДУ», «Добросвет», 2021. — 269 с. — ISBN 978-5-7913-1163-4. — Текст : электронный // Bookonlime [сайт]. — URL: <https://bookonlime.ru/node/6333> (дата обращения: 01.09.2025).
3. Коломыц, Э. Г. Углеродный баланс и устойчивость лесных экосистем при глобальных изменениях климата: экологические ресурсы бореальных лесов. — Москва: Наука, 2020. — 423 с. — ISBN 978-5-02-040785-5. — Текст : электронный // Электронная библиотека РФФИ [сайт]. — URL: <https://www.rfbr.ru/library/books/818/> (дата обращения: 01.09.2025).
4. Remote Sensing Handbook, Volume IV: Forests, Biodiversity, Ecology, LULC, and Carbon / ed. P. S. Thenkabail. — 2nd ed. — Boca Raton: CRC Press, 2024. — 544 p. — ISBN 978-1032891033. — Текст : электронный // Routledge/CRC Press [сайт]. — URL: <https://www.routledge.com/Remote-Sensing-Handbook--Volume-IV-Forests-Biodiversity-Ecology-LULC-and-Carbon/Thenkabail/p/book/9781032891033> (дата обращения: 01.09.2025).

### 7.2 Дополнительная литература:

1. Лимонов, А. Н.; Гаврилова, Л. А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование: учебник для вузов. — 2-е изд. — Москва: Академический проект, 2020. — 296 с. — ISBN 978-5-8291-2979-8. — Текст : электронный // IPR BOOKS [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110099.html> (дата обращения: 01.09.2025).
2. Зотов, Р. В. Дистанционное зондирование и фотограмметрия: учебное пособие. Ч. 1. — Омск: СибАДИ, 2020. — 210 с. — Текст : электронный // ЭБС «Лань» [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149558> (дата обращения: 01.09.2025).
3. IPCC. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). — Geneva: IPCC, 2019. — Текст : электронный // IPCC

#### Периодические издания:

1. Вестник Воронежского гос. университета Серия: География. Геоэкология [http://www.vestnik.vsu.ru/content/geograph/2019/03/toc\\_ru.asp](http://www.vestnik.vsu.ru/content/geograph/2019/03/toc_ru.asp)
2. Вестник Московского университета. Серия 5. География : научный журнал / учредители : Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, географический факультет МГУ. — 1946, ноябрь. — Москва : Изд-во Московского университета. ISSN 0201-7385, ISSN 0579-9414. <http://geogrmsu.elpub.ru/jour/index>
3. Геодезия и картография <https://geocartography.ru/>
4. Геоэкология. Института геоэкологии им. Е. М. Сергеева РАН
5. им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН).- М.: - Изд-тво «ООО Эко-Векор Ай-Пи».—ISSN 0869-7809 <http://www.geoenv.ru/index.php/ru/novosti/izdatelskaya-deyatelnost>
6. Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации <http://www.gisa.ru/ib.html>

7. Успехи современного естествознания <https://natural-sciences.ru/ru>
8. Экология и природопользование <http://pnu.edu.ru/ru/library/projects/ecopage/magazines/>
9. Сибирский экологический вестник <http://ecoclub.nsu.ru/books/vestniks.htm>
10. Экологический вестник России <http://ecovestnik.ru/>
11. Экология производства <http://promo.ecoindustry.ru/>
12. Электронные журналы и продолжающиеся издания по экологии <http://ecology.gpntb.ru/usefullinks/rosorganization/ejournal>

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

1. Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН <http://geoenv.ru/index.php/ru/>
2. Институт космических исследований РАН (ИКИ РАН) <http://www.iki.rssi.ru/>
3. Геоинформационные ресурсы <http://loi.sssc.ru/gis/default.aspx>
4. ФГБУ Центр геодезии, картографии и ИПД <https://cgkipd.ru/about-us/history/gosgistsentr/>
5. Российский национальный комитет содействия Программе ООН по окружающей среде (ЮНЕП) <http://geodata.grid.unep.ch/http://www.unepcom.ru/>
6. Каталог существующих данных Landsat из архива USGS <https://gis-lab.info/qa/landsat-glovis-catalog.html>
7. LIBRARY.RU [Электронный ресурс] : информационно-справочный портал. – Режим доступа: <http://www.library.ru>
8. РНБФонд картографических изданий
9. [http://nlr.ru/nlr\\_visit/RA1918/fond-kartograficheskikh-izdaniy](http://nlr.ru/nlr_visit/RA1918/fond-kartograficheskikh-izdaniy)
10. КиберЛенинка [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/> свободный
11. Атлас космоснимков [Электронный ресурс] : сайт // Прозрачный мир. – Режим
12. доступа: <http://www.transparentworld.info/ru/space/>, свободный
13. Топографические карты Генштаба, ГосГисЦентра. <https://satmaps.info/>
14. Международная картографическая ассоциация (МКА) <https://icaci.org/>
15. Чужеродные виды на территории России [Электронный ресурс] : web-портал //
16. Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук (ИПЭЭ РАН). – Режим доступа: <http://www.sevin.ru/invasive>, свободный
17. Электронная библиотека. Геоэкология <https://booksee.org/>
18. Центр дистанционного зондирования и ГИС «ТЕРРА» <http://gis-terra.kz/distancionnoe-zondirovanie-zemli/>

### **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/>
4. Электронная библиотечная система КазНЭБ [Электронный ресурс] : Доступ свободный <http://kazneb.kz/>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

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 ArcGIS, QGIS последней актуальной версии.

**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., старший преподаватель кафедры экологии и природопользования Казахстанского филиала МГУ имени М.В. Ломоносова.

**Рабочая программа одобрена на заседании кафедры экологии и природопользования Казахстанского филиала МГУ**  
Протокол № 8 от 19 мая 2024 г.

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



Битюкова В.Р.