

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан географического факультета,  
академик РАН Добролюбов С.А.

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Наименование дисциплины (модуля):**  
**Геоинформационный анализ и основы геостатистики в геоморфологии**

---

**Уровень высшего образования:**  
*бакалавриат*

---

**Направление подготовки:**  
**05.03.02 «География»**

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**«Геоморфология и палеогеография»**

---

**Форма обучения:**  
**очная**

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
*Учебно-методической комиссией географического факультета*  
(протокол № 14, дата 15.09.22)

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «География».

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от 30 декабря 2020 года (протокол № 1383).

Год (годы) приема на обучение: 2021

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова  
*Программа не может быть использована без разрешения факультета.*

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП — относится к вариативной части ОПОП, является дисциплиной по выбору.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: студент обладает знаниями дисциплин «Геоморфология с основами геологии», «Прикладная математика», «Информатика с основами геоинформатики», «Аэрокосмические методы исследований», «Введение в методику геоморфологических исследований», «Введение в учение о морфолитогенезе», а также параллельном освоении материала дисциплины «Морфометрический анализ и математические методы в геоморфологии».

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
<p>ОПК-5 (формируется частично) Способен использовать стандартные программные продукты, информационные базы данных для решения задач профессиональной деятельности в области наук о Земле с учетом требований информационной безопасности.</p>	<p>ОПК-5.1 Использует стандартные программные продукты, информационные базы данных для решения задач профессиональной деятельности в области наук о Земле с учетом требований информационной безопасности.</p>	<p><b>Знать:</b> основные источники данных, особенности и методы создания, обработки и анализа цифровых моделей рельефа (ЦМР); принципы оценки точности ЦМР и их сравнения между собой; основные принципы организации и структуру необходимых данных ГИС-проектов, направленных на решение геоморфологических задач; основные подходы к компьютерному моделированию современных экзогенных процессов, различия теоретических и эмпирических моделей. <b>Уметь:</b> создавать, визуализировать и проводить оценку точности и достоверности цифровых моделей рельефа; самостоятельно формулировать и решать основные геоморфологические задачи средствами ГИС; грамотно использовать существующие базы геоданных свободного доступа; осуществлять подготовку и оформление тематических слоев геоморфологических карт и оригинал-макетов для печати или публикации. Получать и использовать данные дистанционного зондирования Земли на базовом уровне для извлечения геоморфологически значимой информации.</p>
<p>СПК-1.Б (формируется частично) Владеет знаниями и навыками камеральных и полевых геоморфологических и палеогеографических исследований и геоморфологического районирования и картографирования; основными методиками полевых и аналитических исследований для</p>	<p>СПК.1.1 Применяет знания и навыки камеральных и полевых геоморфологических и палеогеографических исследований и геоморфологического районирования и картографирования</p>	<p>средствами ГИС; грамотно использовать существующие базы геоданных свободного доступа; осуществлять подготовку и оформление тематических слоев геоморфологических карт и оригинал-макетов для печати или публикации. Получать и использовать данные дистанционного зондирования Земли на базовом уровне для извлечения геоморфологически значимой информации. <b>Владеть:</b> основными инструментами ГИС для геоморфологического анализа; методами морфометрического анализа рельефа, получения информации о других факторах рельефообразования; основными принципами работы с различными вариантами компьютерной реализации расчетных моделей интенсивности экзогенных процессов,</p>

решения геоморфологических и палеогеографических задач		сбора и подготовки входных данных, визуализации и интерпретации результатов моделирования; базовыми методами обработки и дешифрирования (автоматизированного и визуального) спектрональных спутниковых снимков для получения геоморфологической информации.
--	--	---

4. Объем дисциплины (модуля) 2 з.е., в том числе 26 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 46 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>		Всего	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Работа с литературой		Подготовка проектов
<b>Введение</b>	<b>6</b>	2				<b>2</b>	4		<b>4</b>
<b>Тема 1:</b> Общие представления о ГИС, формирование и структура рабочего ГИС-проекта.	<b>7</b>	2	1			<b>3</b>	4		<b>4</b>
<b>Тема 2:</b> Создание и анализ простых и производных морфометрических карт.	<b>9</b>	2	2			<b>4</b>	5		<b>5</b>

<b>Тема 3:</b> Гидрологический анализ ЦМР.	15	3	4			7	8		8
<b>Текущая аттестация 1: домашняя работа-проект:</b> Формирование и заполнение ГИС-проекта для подготовки геоморфологической карты на выбранную территорию (территория индивидуальна для каждого студента) с использованием баз геоинформационных данных свободного доступа.	16		2			2		14	14
<b>Тема 4:</b> Использование ЦМР и данных дистанционного зондирования Земли для моделирования экзогенных процессов.	8	2	2			4	4		4
<b>Тема 5:</b> Основы геостатистики.	8	2	2			4	4		4
<b>Промежуточная аттестация:</b> устный зачет	3	Устный зачет							43
<b>Итого</b>	<b>72</b>	<b>13</b>	<b>13</b>			<b>26</b>		<b>46</b>	

### Содержание лекций:

**Введение и Тема 1:** Общие представления о геоинформационных системах (ГИС), структура, аппаратное и программное обеспечение. Основные форматы геоданных, векторные и растровые данные, их цифровое представление. Цифровые модели рельефа (ЦМР): общие представления, типы, источники и особенности данных.

**Тема 2:** Создание и анализ простых и производных морфометрических карт. Создание карт, углов наклона, экспозиции, кривизны поверхности, изолиний высот и производных параметров. Операции булевой алгебры. Алгебра карт, расчет производных морфометрических коэффициентов (индекс энергии поверхностного стока, топографической влажности). Оверлейные операции.

**Тема 3.** Гидрологический анализ ЦМР. Задачи гидрологического анализа инструментами ГИС для изучения пространственно-иерархической (порядковой) структуры гидрографической сети и водосборных площадей. Подготовка ЦМР для гидрологического анализа. Способы полуавтоматизированного создания карты водотоков. Автоматизированное выделение порядка водотоков, водосборных водосборных бассейнов. Моделирование зон затоплений.

**Тема 4:** Использование ЦМР и данных дистанционного зондирования Земли для моделирования экзогенных процессов. Основные принципы численного моделирования экзогенных процессов, примеры существующих моделей, теоретический и эмпирический подходы. Преимущества и ограничения компьютерного моделирования, анализ и визуализация результатов, сопоставимость данных моделирования с результатами прямого наблюдения за современными экзогенными процессами. Реализация моделей в виде встроенных инструментов существующих программных пакетов или как самостоятельных программ.

**Тема 5:** Основы геостатистики. Понятие пространственной переменной (пространственно распределенных данных). Основные задачи и подходы к их анализу. Детерминистские методы пространственной интерполяции. Анализ и моделирование пространственной корреляции. Вариограммы. Геостатистические интерполяции для одной переменной. Основы кригинга.

**План проведения семинаров:**

**Тема 1:** Формирование и структура рабочего ГИС-проекта. Создание, использование и оценка ЦМР, способы отображения. Примеры создания ЦМР из различных источников данных средствами интерполяции ГИС. Общедоступные ЦМР глобального покрытия, источники и пространственное разрешение данных, достоинства и недостатки. Топографические карты как источник данных для построения ЦМР, процедуры векторизации и подготовки данных.

**Тема 2:** Создание и анализ простых и производных морфометрических карт. Создание карт углов наклона, экспозиции, кривизны поверхности, изолиний высот и производных параметров средствами ГИС. Использование калькулятора растров для расчета производных морфометрических коэффициентов (индекс энергии поверхностного стока, топографической влажности и т.п.). Оверлейные операции.

**Тема 3:** Гидрологический анализ ЦМР. Построение структуры тальвегов и водосборов по ЦМР интересующей территории (по выбору студентов или преподавателя), анализ порядковой структуры средствами ГИС. Автоматизированная классификация ЦМР. Выполнение подготовительных процедур и классификации ЦМР без обучения (кластеризация) и с обучением (на основе создания обучающей выборки). Выделение элементарных форм рельефа. Выделение характерных высотных уровней рельефа на основе создания гипсографической кривой.

**Тема 4:** Использование ЦМР и данных дистанционного зондирования Земли для моделирования экзогенных процессов. Освоение работы с расчетной моделью смыва почв с сельскохозяйственных угодий, разработанной в НИЛ эрозии почв и русловых процессов им. Н.И. Маккавеева (по методике Г.А. Ларионова, 1994). Подготовка входных данных, процедура расчета. Визуализация и интерпретация результатов расчета средствами бесплатных программных пакетов ГИС свободного доступа.

**Тема 5:** Практическое применение детерминистских методов пространственной интерполяции и кригинга для интерполяции точечных данных одной переменной (на примере данных глубин горизонтов по геологическим скважинами, данных о скоростях эрозии и аккумуляции на участке земной поверхности). Сопоставление результатов, оценка достоинств и недостатков используемых методов.

**7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):**

Текущая аттестация № 1. Домашняя работа-проект. Формирование и заполнение ГИС-проекта для подготовки геоморфологической карты на выбранную территорию (территория индивидуальна для каждого студента) с использованием баз геоинформационных данных свободного доступа.

*Примерный перечень вопросов для зачета*

Теоретическая часть:

1. Основные типы данных в ГИС. Источники данных ГИС. Связь пространственного разрешения и масштаба картографирования. Представление и визуализация данных в ГИС, слои и компоновки слоев. Пространственные данные, атрибутивная информация и метаданные. Объединение данных разных типов в одном проекте и принципы организации ГИС-проекта.
2. Картографические проекции, системы координат, модели геоида в ГИС. Трансформирование различных систем координат (WGS84, UTM, GK Pulkovo42). Перепроецирование растровых и векторных данных.
3. Цифровые модели рельефа (ЦМР). Виды ЦМР (растр и TIN). Разрешение ЦМР (плановое и высотное). Источники данных ЦМР. Глобальные спутниковые ЦМР свободного доступа как источник геоморфологической информации – краткая характеристика, достоинства и недостатки.
4. Основные первичные морфометрические параметры, получаемые по цифровой модели рельефа. Геоморфологический смысл, примеры использования для конкретных геоморфологических задач (например, оценки динамики экзогенных процессов).
5. Принципы гидрологического анализа растровой цифровой модели рельефа средствами ГИС. Гидрологическая коррекция ЦМР, направление, накопление стока, водотоки и бассейновый анализ.
6. Производные морфометрические характеристики (глубина и густота расчленения, расстояние до ближайшего тальвега и др.), их геоморфологический смысл, возможности использования для районирования территории.
7. Автоматизированная классификация ЦМР. Выполнение подготовительных процедур и классификации ЦМР без обучения (кластеризация) и с обучением (на основе создания обучающей выборки). Выделение элементарных форм рельефа. Выделение характерных высотных уровней рельефа на основе создания гипсографической кривой.
8. Основные типы данных ДЗЗ, их различия, значимые для получения геоморфологической информации. Примеры источников данных свободного и коммерческого доступа. Базовые принципы обработки и анализа данных ДЗЗ для получения геоморфологически значимой информации.
9. Основные принципы численного моделирования экзогенных процессов, примеры существующих моделей, теоретический и эмпирический подходы. Преимущества и ограничения компьютерного моделирования, анализ и визуализация результатов, сопоставимость данных моделирования с результатами прямого наблюдения за современными экзогенными процессами.
10. Основные понятия и элементы геостатистики. Детерминистские и геостатистические (кригинг) методы пространственной интерполяции для одной переменной.

#### Практическая часть:

1. Работа с векторными и растровыми данными в бесплатных ГИС-пакетах свободного доступа. Основные операции с файлами. Создание проекта, работа со слоями в проекте. Создание и инструменты редактирования основных типов объектов (точки, полилинии, полигоны) в векторных слоях.
2. Георегистрация (привязка) растрового файла (отсканированной топокарты, аэрофотоснимка и т.п.) в бесплатных ГИС-пакетах свободного доступа. Привязка растра без координатной сетки (например, аэрофотоснимка) по характерным точкам. Коррекция привязки.

3. Ручная векторизация рельефа и других объектов с топокарты или космоснимка в ГИС. Визуальное (ручное) дешифрирование космических снимков, прямые и косвенные дешифрировочные признаки геоморфологических объектов.
4. Построение растровой цифровой модели рельефа (ЦМР) по данным векторизованных топографических карт. Методика, входные данные и основные операции. Варианты визуализации ЦМР.
5. Базовый анализ растровой ЦМР. Построение векторных изолиний по ЦМР. Построение гистограмм распределения высот, профилей рельефа, элементарных производных растров (экспозиция, крутизна, кривизна поверхности). Геоморфологический смысл.
6. Коррекция «искусственных дефектов», получение гидрологически корректной ЦМР, построение линий тока. Гидрологический (геоморфологический) смысл растров направлений и длины линий тока. Инструменты гидрологического анализа ЦМР. Создание сети линий гидрографии по ЦМР и выделение порядков водотоков. Построение водосборных бассейнов.
7. Получение производных морфометрических характеристик (глубины и густоты расчленения, расстояния до ближайшего тальвега) и варианты их отображения для разных территориальных единиц в ГИС. Выполнение подготовительных процедур и классификации ЦМР без обучения (кластеризация) и с обучением (на основе создания обучающей выборки). Выделение элементарных форм рельефа. Выделение характерных высотных уровней рельефа на основе создания гипсографической кривой.
8. Создание и оформление тематических карт в применении к различным видам геоморфологического картографирования в бесплатных ГИС-пакетах свободного доступа. Подготовка и оформление оригинал-макета карты для публикации или печати.
9. Создание синтетических сцен из спектральнональных спутниковых снимков. Выбор набора используемых спектральных каналов для получения различных видов информации, необходимой при проведении геоморфологических исследований. Использование базовых процедур бесплатных ГИС-пакетах свободного доступа (одной из них на выбор студента) для автоматического дешифрирования спектральнональных спутниковых снимков.
10. Пространственная интерполяция точечных данных в бесплатных ГИС-пакетах свободного доступа детерминистскими методами и методом кригинга. Основные параметры и настройки процедур. Сопоставление результатов, оценка достоинств и недостатков используемых методов.

### **Шкала и критерии оценивания**

*Промежуточная аттестация — устный зачет*

В случае успешного выполнения всех текущих работ и получения за каждую из них оценки не ниже 80% выставляется «зачет» без устного опроса.

В случае успешного выполнения всех текущих работ и получения за каждую из них оценки от 50% до 80% проводится устный опрос.

В случае, если какое-либо задание текущего контроля успеваемости не было представлено в полном объеме, или оценка за его выполнение не превысила 50%, выставляется «незачет».

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
<b>Знания</b> ( <i>практические работы, устный опрос</i> )	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
<b>Умения</b> ( <i>практические работы, устный опрос</i> )	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> ( <i>практические работы, устный опрос</i> )	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

1. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Учебник. 2-е изд. М.: КДУ, 2010. 423 с.
2. Лурье И.К., Самсонов Т.Е. Основы геоинформатики. Информатика с основами геоинформатики. Часть 2: Основы геоинформатики. Учебное пособие. М.: Географический факультет МГУ, 2016. 200 с.
3. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. Учебник. 2-е изд. М.: ИЦ «Академия», 2011. 416 с.
4. Черепанова Е.С., Шихов А.Н., Пономарчук А.И. Геоинформационное картографирование. Применение ГИС-технологий при решении гидрологических задач. Практикум. Пермь: ПГНИУ, 2014. 91 с.
5. Демьянов В.В., Савельева Е.А. Геостатистика: теория и практика. М.: «Наука», 2010.

#### *Дополнительная литература:*

1. Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. и др. Основы геоинформатики. В 2-х кн. Учебн. пособ. для студ. вузов. Под ред. В.С. Тикунова. М.: Академия, 2004, Кн. 1, 352 с.; Кн. 2, 480 с.
2. Книжников Ю.Ф. Аэрокосмическое стереомоделирование. М.: «Научный мир», 2015. 112 с.
3. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. М. – Ижевск, 2009. 460 с.
4. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. М.: Техносфера, 2008. 312 с.
5. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений. М.: «Техносфера», 2013. 592 с.
6. Florinsky I.V. Digital terrain analysis in soil science and geology. Elsevier Science. 2012. 379 p.
7. Hengl T., Reuter H.I. Geomorphometry, Volume 33: Concepts, Software, Applications. Elsevier Science. 1<sup>st</sup> edition. 2008. 796 p.
8. Modelling erosion, sediment transport and sediment yield. Ed. by W. Summer and D.E. Walling. IHP-VI Technical Documents in Hydrology No. 60. UNESCO, Paris, 2002. 264 p.

9. WebsterR., OliverM.A. Geostatistics for Environmental Scientists. Second Edition. Wiley, 2007. 315 p.

- Перечень лицензионного программного обеспечения  
*не требуется*
  - Перечень нелицензионного программного обеспечения
    1. QGIS
    2. SAGA.
    3. GRASS.

**Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

- European catchments and Rivers network system (Ecrins). <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-catchments-and-rivers-network>.
- <http://gis-lab.info/>(рус.) - сайт и форум неформального русскоговорящего сообщества специалистов в области ГИС и ДЗЗ с различными наборами данных, методик и литературой по ГИС и ДЗЗ.
- <http://www.geomorphometry.org>(англ.) – международная ассоциация исследователей и специалистов по анализу цифровых моделей рельефа.
- <http://education.usgs.gov/> (англ.) - обучающий интернет-ресурс Геологической службы США (в том числе картографические приложения).
- <http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/gis/courses/47660.html> (англ.) — открытые учебные материалы по ГИС (с примерами заданий и данных в том числе для студентов-геоморфологов).
- Dutter Rudolf. Geostatistics. 2005. [http://www.statistik.tuwien.ac.at/public/dutt/vorles/geost\\_05/geo.html](http://www.statistik.tuwien.ac.at/public/dutt/vorles/geost_05/geo.html)

- реферативная база данных издательства Elsevier:

<https://www.sciencedirect.com/>

- поисковая система научной информации

<https://www.scopus.com/home.uri>

- электронная база научных публикаций

<https://clarivate.com/cis/solutions/web-of-science/>

- Описание материально-технической базы  
Учебная аудитория с мультимедийным проектором.

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватели: ответственный за курс В.Р. Беляев

11. Разработчики программы: Беляев Владимир Ростиславович, старший научный сотрудник кафедры геоморфологии и палеогеографии, кандидат географических наук.