

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):
Морфометрический анализ и математические методы 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, 15.09.22)

Москва 2022

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 обязательной дисциплиной.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: знание материала основных дисциплин, базовых («Математика», «Прикладная математика», «Геоморфология с основами геологии», «Гидрология», «Топография», «Картография», «Информатика», «Основы геоинформатики») и вариативных («Введение в методiku геоморфологических исследований», «Структурная геология и геологическое картографирование»).

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-1.Б (<i>формируется частично</i>) Способен применять базовые знания в области математических и естественных наук, знания фундаментальных разделов наук о Земле при выполнении работ географической направленности.</p>	<p>ОПК-1.1. Применяет базовые знания в области математических и естественных наук</p>	<p>Знать: способы формализации геоморфологической информации разного рода; характерные индикаторы пассивной геологической структуры, новейшей тектоники, климата, выраженные в рельефе и прослеживаемые по топографическим картам, цифровым моделям высот или аэрокосмоснимкам; основы статистической обработки геоморфологических данных; Уметь: содержательно интерпретировать характер статистических распределений различных геоморфологических величин, определять тип распределения по гистограмме или графику ее плотности; производить геометризацию эрозионных сетей в виде направленных древовидных графов в соответствии с кодировкой Стралера-Философова, применять элементы теории графов для анализа экзогенных литодинамических потоков; проводить анализ пространственной сопряженности площадных контуров и интерпретацию результатов этого анализа; Владеть: базовыми статистическими методами анализа геоморфологической информации; методами корреляционного анализа; навыками расчета основных морфометрических характеристик рельефа; статистическими методами кластеризации и классификации геоморфологических объектов по морфометрическим признакам; методами статистической обработки массивов данных.</p>
<p>ОПК-5.Б (<i>формируется частично</i>) Способен использовать стандартные программные продукты, информационные базы данных для</p>	<p>ОПК-1.1 Использует стандартные программные продукты, информационные базы данных для решения</p>	<p>Знать: теоретические основы применяемых методов обработки фактических данных, основные открытые источники информации о морфологии рельефа (глобальные и полуглобальные модели, национальные и локальные цифровые модели рельефа) для решения исследовательских за-</p>

<p>решения задач профессиональной деятельности в области наук о Земле с учетом требований информационной безопасности.</p>	<p>задач профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности.</p>	<p>дач; способы представления геометрической структуры рельефа земной поверхности в числовом виде; Уметь: рассчитывать основные морфометрические характеристики рельефа по цифровым моделям рельефа; самостоятельно составлять алгоритм решения задач профессиональной направленности, самостоятельно осваивать необходимый дополнительный инструментальный обработки и интерпретации информации Владеть: популярными программными средствами обработки данных; навыками работы в широко распространенных ГИС-системах</p>
<p>СПК-1.Б (<i>формируется частично</i>) Владеет знаниями и навыками камеральных и полевых геоморфологических и палеогеографических исследований и геоморфологического районирования и картографирования; основными методиками полевых и аналитических исследований для решения геоморфологических и палеогеографических задач</p>	<p>СПК-1.2 применяет основные методики полевых и аналитических исследований для решения геоморфологических и палеогеографических задач</p>	<p>Владеть: способами составления баз данных морфометрических характеристик рельефа путем камеральной обработки картографического материала и данных дистанционного зондирования Земли.</p>

4. Объем дисциплины (модуля) 7 з.е., в том числе 114 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 138 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>			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Работа с литературой	Выполнение практических заданий	Всего	
4 семестр										
1. Введение. Цели и задачи курса	1	1	–			1				
2. История морфометрии.	11	2	2			4	1	6	7	
3. Морфометрический анализ рельефа и его место в геоморфологических исследованиях	14	3	4			7	1	6	7	
4. Формы рельефа, их элементы и комплексы как объекты морфометрического анализа	13	2	4			6	1	6	7	
5. Выраженность в морфологическом облике рельефа факторов и условий рельефообразования	15	4	4			8	1	6	7	
6. Методологический базис морфометрии и важнейшие измеряемые параметры.	6	2	–			2	4		4	
7. Совместный анализ факторов и условий рельефообразования.	13	2	4			6	1	6	7	
8. Планирование морфометрических исследований.	15	4	4			8	1	6	7	
9. Арифметические операции и морфометрические коэффициенты в геоморфологии.	17	6	4			10	1	6	7	
Промежуточная аттестация зачет	3	<i>Зачет устный</i>								3
Всего за 4 семестр	108	26	26			52			56	

5 семестр										
10. Измерения и эталоны.	14	4	4			8		6	6	
11. Основы теории вероятностей.	14	4	4			8		6	6	
12. Статистический анализ данных. 12.1. Основные описательные статистики	15	4	4			8		7	7	
12.2. Ошибка измерений и оценка качества массива.	10	2	2			4		6	6	
12.3. Кластерный анализ.	5	2	2			4	1		1	
12.4. Описание массивов данных при помощи сравнения кривых распределения.	11	2	2			4		7	7	
Промежуточная аттестация зачет	3	<i>Зачет устный</i>								3
Всего за 5 семестр	72	18	18			36			36	
6 семестр										
12.5. Корреляция и регрессия.	13	4	4			8		5	5	
12.6. Искусственные нейронные сети (ИНС)	6	2	–			2		4	4	
12.7. Дисперсионный анализ.	15	5	5			10		5	5	
13. Балльные оценки	11	2	4			6		5	5	
Промежуточная аттестация зачет	3	<i>Устный зачет</i>								3
Промежуточная аттестация экзамен	24	<i>Устный экзамен</i>								24
Всего за 6 семестр	72	13	13			26			46	
Итого	252	57	57			114			138	

Содержание лекций

1. Введение. Цели и задачи курса. Морфология и морфометрия. Морфометрия рельефа как научное направление геоморфологии. Использование ЭВМ в современном геоморфологическом анализе и существующие проблемы.

2. История морфометрии. Основные этапы развития морфометрических идей. Краткий обзор основных направлений морфометрического анализа.

3. Морфометрический анализ рельефа и его место в геоморфологических исследованиях. Морфометрический анализ как метод геоморфологических исследований. Морфометрический анализ и картография. Морфометрический анализ и математизация геоморфологии. Основные черты теории морфометрии.

4. Формы рельефа, их элементы и комплексы как объекты морфометрического анализа. Морфологическая структура рельефа и функциональная сущность ее элементов. Точки, линии и поверхности как элементы морфологической структуры.

5. Выраженность в морфологическом облике рельефа факторов и условий рельефообразования. Выраженность в рельефе пассивной геологической структуры, новейшей тектоники и различий климатических обстановок рельефообразования. Индикационные методы в геоморфологических исследованиях. Полигенетичность, полихронность и поличастотность разноранговых форм и элементов рельефа. Геоморфологическая память и время: законы исчезновения информации о прошлом.

6. Методологический базис морфометрии и важнейшие измеряемые параметры. Использование элементов бассейнового анализа для изучения тектонических движений и трещиноватости земной поверхности как пример геоморфологического исследования морфометрическими методами.

7. Совместный анализ факторов и условий рельефообразования. Матрицы сочетаний морфологических признаков и их анализ. Морфометрическая структура и матрицы структурных индексов. Операции с индексами.

8. Планирование морфометрических исследований. Основные классы фундаментальных задач исследования: 1) описание; 2) объяснение; 3) прогноз. Оценка полноты исходных материалов и выбор стратегии морфометрических исследований. Приемы восстановления утраченной при картографической генерализации информации о рельефе. Рельеф как индикатор факторов и условий рельефообразования.

9. Арифметические операции и морфометрические коэффициенты в геоморфологии. Соотношение логических представлений и геоморфологического смысла основных арифметических операций. Морфометрические коэффициенты и теория их конструирования. Главные ошибки при конструировании морфометрических коэффициентов.

10. Измерения и эталоны. Правило выбора единицы измерения («правило эталона»). Основное уравнение измерений. Шкалы измерений. Допустимые математические операции с числами в разных шкалах (номинальной, порядковой, интервальной, шкале отношений, абсолютной). Принципы выбора (конструирования) эталонов для морфометрических работ.

11. Основы теории вероятностей.

11.1. Элементы комбинаторного анализа. Формулы перестановки, размещения и сочетания. Бином Ньютона.

11.2. Определение вероятности события. Классическое определение вероятности события. Свойства вероятности события. Относительная частота события. Устойчивость относительной частоты события. Статистическое определение вероятности.

11.3. Основные теоремы теории вероятностей. Зависимые и независимые события. Условная вероятность. Теорема умножения вероятностей для зависимых и независимых событий. Теорема сложения вероятностей для несовместных и совместных событий.

11.4. Формула полной вероятности. Теорема гипотез (формула Байеса).

11.5. Схема испытаний Бернулли. Формула Бернулли. Формула Муавра-Лапласа. Формула Пуассона.

12. Статистический анализ данных.

12.1. Основные описательные статистики. Степенные и структурные средние величины.

12.2. Ошибка измерений и оценка качества массива. Классификация погрешностей. Теорема Бернулли о частоте вероятности. Влияние математических операций на абсолютные и относительные погрешности. Значащие цифры.

12.3. Кластерный анализ. Геоморфологическая классификация по статистическим показателям на примере разностного ряда. Критерии Стьюдента, Романовского, ошибка среднего, ошибка дисперсии. Понятие о статистических гипотезах и ошибках 1 и 2 рода. Построение геоморфологической классификации методом естественных группировок (с помощью разностного ряда).

12.4. Описание массивов данных при помощи сравнения кривых распределения. Проблема выбора оптимального количества интервалов разбиения для построения гистограмм. Количественная оценка степени сходства/различия распределений. Свойство эргодичности в геоморфологии.

12.5. Корреляция и регрессия. Функциональная, статистическая и корреляционная зависимости. Показатели статистической зависимости: ковариация, линейный коэффициент корреляции. Виды уравнений регрессии. Оценка качества регрессионной модели. Алиасинг. Методы сглаживания исходных данных. Ошибки выборки, ложные корреляции. Кригинг.

12.6. Искусственные нейронные сети (ИНС). Структура простейшей ИНС прямого распространения. Преимущества и недостатки обработки информации с помощью ИНС.

12.7. Дисперсионный анализ. Условия применимости и ограничения. Смысловая интерпретация результатов двухфакторного дисперсионного анализа.

13. Балльные оценки. Принципы количественной обработки данных с применением порядковых (балльных) шкал измерений. Преимущества и недостатки балльных шкал. Типичные ошибки при конструировании порядковых шкал и проведении арифметических операций с баллами. Методика перевода балльных шкал в интервальные (центовые) шкалы. Процедуры представления данных в безразмерном виде (линейное и нелинейное нормирование, функция желательности Харрингтона). Комплексные балльные оценки качества.

План проведения семинаров

4 семестр

Задание 1. Построение карты элементов морфологической структуры рельефа в ГИС MapInfo.

Начала работы в системе MapInfo. Работа с точечными объектами. Запуск системы MapInfo. Первичные настройки системы. Открытие готовых таблиц в системе MapInfo. Принципы создания новых таблиц в системе MapInfo (определение структуры базы данных, типа переменных, выбор картографической проекции). Корректное закрытие таблиц в системе MapInfo. Сохранение результатов. Создание картографического слоя (таблицы) для нанесения точечных объектов (вершин). Задание свойств (стиля) наносимых объектов. Нанесение точек вершин с использованием растровой подложки с изображением отмытого рельефа. Принципы выбора оптимального масштаба изображения.

Работа с точечными объектами (продолжение). Создание карты седловин. Закрепление навыков самостоятельной работы по созданию новых и редактированию готовых слоев (таблиц) в MapInfo. Определение положения седловин с учетом особенностей изображения рельефа на растровой подложке. Нанесение седловин.

Работа с линейными объектами на многослойной карте. Создание карт линий тальвегов с соблюдением порядков водотоков. Работа с инструментом «Ломаная». Задание свойств (стилей) линейных объектов. Принципы определения положения тальвегов водотоков по рисунку горизонталей на растровой подложке. Работа с несколькими слоями в системе MapInfo с помощью меню «Управление слоями». Понятие о статусе слоя (видимость слоя, селектируемость слоя, редактируемость слоя). Последовательное создание карт тальвегов водотоков 1, 2, 3 и 4 порядков.

Создание карты истоков водотоков и карты узлов слияния водотоков. Создание карты шовных линий. Создание карты водоразделов. Использование инструмента «Привязка» для точного сопоставления координат узлов объектов редактируемого слоя с узлами объектов подстилающего слоя. Нанесение истоков водотоков с использованием карты тальвегов водотоков 1-го порядка. Нанесение узлов слияния водотоков с использованием карт тальвегов водотоков 1–4-го порядков. Определение положения шовных линий речных долин горных территорий. Создание карты шовных линий с использованием уже созданных карт тальвегов водотоков. Создание карты водораздельных линий с использованием уже созданных карт вершин, седловин, тальвегов водотоков и шовных линий.

Работа с площадными объектами. Создание карт морфологических типов склонов. Работа с инструментом «Полигон». Задание свойств (стилей) площадных объектов. Определение морфологических типов склонов по рисунку горизонталей. Создание карт выпуклых, прямых и вогнутых склонов с использованием всего комплекса уже созданных карт элементов морфологической структуры рельефа.

Оформление отчета средствами MapInfo. Создание печатного макета и легенды. Создание и редактирование легенды к серии карт в системе MapInfo. Создание и оформление Отчета средствами MapInfo. Определение реального масштаба печатного макета построенной карты. Создание Рабочего Набора для автоматического открытия сохраненного Отчета на ПЭВМ с установленной системой MapInfo. Принципы правильной организации файлов построенных карт для сохранения и переноса на внешних носителях информации. Редактирование файла Рабочего Набора для корректного открытия в системе MapInfo при переносе данных на другие ПЭВМ. Экспорт Отчета в стандартные графические форматы.

Задание 2. Визуальное районирование территории для составления программы морфометрических исследований.

Визуальное районирование исследуемой территории по морфологическим особенностям рельефа, отраженным на топографической карте. Формулирование геоморфологически значимых гипотез о причинах различия выделенных районов. Составление оптимальной программы изучения территории морфометрическими методами.

Задание 3. Построение трёхмерной карты рельефа исследуемой территории.

Визуализация 3-D модели с помощью инструментария программной среды SAGA(System for Automated Geoscientific Analyses). Сопоставление с результатами районирования, полученными по 2-D модели (топографической карте) при выполнении Задания 2. Знакомство с базовым инструментарием, необходимым для получения массивов числовых данных по ЦМР для выполнения будущих практических заданий курса.

Задание 4. Составление функциональной классификации водотоков по результатам измерения морфометрических параметров речных бассейнов методом эталонных фигур.

Конструирование эталонов для экспресс-измерений длин, площадей и уклонов элементов морфологической структуры по топографическим картам. Измерение длин, уклонов и водосборных площадей элементарных бассейнов в пределах 3 бассейнов 3-го порядка. Построение матрицы суждений для функциональной интерпретации соотношений между площадью водосборного бассейна, уклоном и длиной русла, отражающейся в объеме и интенсивности сбрасываемого водотоком вещества. Составление карты типов функционирования водотоков 1-го порядка с указанием предполагаемых геоморфологических проявлений в днищах долин и узлах слияния. Верификация полученных результатов путем визуального сравнения с имеющимися картографическими материалами и ДЗЗ из источников свободного доступа (Google Earth, URL: GoogleEarth; Яндекс карты, URL: <http://yandex.ru/maps>).

5 семестр

Задание 5. Ошибка измерений. Количество необходимых и достаточных измерений. Формула Бернулли.

Определение точности нанесения объектов (индивидуальной погрешности оператора) на примере точечных объектов. Обоснование необходимости проверки точности исходных числовых данных до начала их обработки. Повторное создание карты точечных объектов на ключевом участке исследуемой территории. Экспорт табличных данных в стандартные форматы (.txt, DBF). Анализ амплитуд смещения объектов с помощью стандартных процедур описательной статистики пакета Excel. Решение на основании полученных результатов прикладной задачи: вычисление минимального допустимого размера измеряемых на карте линейных объектов с заданной погрешностью измерения длин не менее чем у N измеренных объектов при вероятности P получения верного решения.

Задание 6. Построение геоморфологической классификации методом вычисления разностного ряда.

Классификация геоморфологических объектов по значениям абсолютных высот с помощью вычисления разностного ряда. Построение и описание дерева классификации. Проведение визуального анализа пространственного расположения расклассифицированных объектов на местности, геоморфологическая интерпретация результатов классификации.

6 семестр

Задание 7. Сравнение массивов числовых данных с помощью анализа кривых распределения при решении геоморфологических задач.

Сравнение трех произвольных районов, выделенных при выполнении Задания 2, по значениям средних арифметических высот и уклонов с помощью критериев проверки статистических гипотез о сходстве и различии выборок (ошибки разности средних и критерия Стьюдента). Построение кривых распределения высот и уклонов с помощью инструментов пакета анализа в Excel. Геоморфологическая интерпретация формы кривых распределения высот и уклонов, отражение особенностей морфологии рельефа районов в облике кривых распределения. Количественная оценка сходства и различия кривых распределения высоты и крутизны склонов районов через расстояние в n -мерном Евклидовом пространстве.

Задание 8. Анализ связей между морфометрическими параметрами рельефа с целью объяснения его историко-генетических особенностей.

Исследование корреляционных зависимостей между абсолютной высотой поверхности и углами наклона склонов изучаемой территории. Вычисления ковариации и линейного коэффициента корреляции. Оценка значимости коэффициента корреляции. Построение уравнения

регрессии, обоснование выбора вида регрессии, геоморфологическая и физическая интерпретация коэффициентов уравнения регрессии. Второе исследование корреляционных зависимостей после проведения процедуры сглаживания массивов исходных данных методом укрупнения интервалов. Сравнение результатов, полученных по исходному и сглаженному массивам.

Задание 9. Двухфакторный дисперсионный анализ.

Изучение степени влияния экспозиции склонов и их положения в высотном поясе гор на распределение уклонов территории с помощью процедуры двухфакторного дисперсионного анализа пакета Excel. Исследование зависимости крутизны склонов от высоты по склонам наиболее холодной и наиболее теплой экспозиции; крутизны склонов от экспозиции по наиболее низким и по наиболее высоким гипсометрическим уровням с помощью регрессионного анализа. Геоморфологическая интерпретация результатов.

Задание 10. Перевод балльной шкалы в интервальную на примере шкалы окатанности галечного материала.

Обоснование параметров ментальной модели изменения класса окатанности (по Хабакову) обломка модальной формы при его истирании в процессе транзита. Теоретическое определение доли теряемого обломком вещества в процессе перехода от одного класса окатанности к следующему. Составление матрицы сопоставления шкалы окатанности с долей теряемого материала при окатывании галечника. Построение графиков зависимости между баллами окатанности и долей теряемого вещества в сотых (в центах), подбор наиболее подходящих уравнений регрессии. Расчет значений окатанности тестовых проб галечного материала по формуле Хабакова в центовой шкале. Сопоставление результатов расчетов окатанности в балльной шкале и в шкале интервалов (центовой).

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

Текущая аттестация 4, 5 семестр – устный зачет, 6 семестр – зачет (выполненные на положительную оценку практические работы), устный экзамен

4 семестр

Примерный перечень вопросов для зачета

1. Основные направления морфометрического анализа.
2. Морфометрический анализ как метод геоморфологических исследований.
3. Морфологическая структура рельефа, ее элементы.
4. Факторы и условия рельефообразования, их выраженность в рельефе.
5. Индикационные методы геоморфологических исследований.
6. Геоморфологическая память и время.
7. Важнейшие измеряемые параметры при бассейновом анализе рельефообразования.
8. Формы и элементы рельефа, их полигенетичность, полихронность и поличастотность.
9. Индикационные методы в геоморфологических исследованиях.

10. Изучение тектонических движений земной коры методом бассейнового анализа.
11. Матрицы сочетаний морфологических признаков при совместном анализе факторов и условий рельефообразования.
12. Основные классы фундаментальных задач при проведении морфометрических исследований.
13. Приемы восстановления информации о рельефе, утерянной при картографической генерализации.
14. Рельеф как индикатор факторов и условий рельефообразования.
15. Геоморфологический смысл основных арифметических операций.
16. Теория конструирования морфометрических коэффициентов.
17. Принципы выбора оптимального масштаба изображения для создания карты морфологической структуры рельефа.
18. Определение форм и элементов рельефа на карте, нанесение положения седловин и тальвегов по рисунку горизонталей, определение порядков водотоков эрозионно-русловой сети.
19. Какие морфометрические карты можно построить по топографическим картам, и какие задачи можно решать с их помощью.
20. Перечислите черты рельефа наилучшим образом читаемые по топографической карте и по трехмерной модели рельефа.
21. Методика создания карт истоков и узлов слияния водотоков.
22. Методика создания карт шовных линий и водоразделов.
23. Методологические подходы к районированию территории по морфологическим признакам.
24. Определение порядков водотоков речной сети и создание соответствующей карты по топографической основе.
25. Перечислите основные морфометрические закономерности строения речных бассейнов.
26. Построение матрицы суждений для интерпретации соотношений между морфометрическими параметрами бассейнов.
27. Составление карты типов функционирования водотоков.

5 семестр

Примерный перечень вопросов для зачета

1. «Правило эталона». Принципы выбора эталонов для морфометрического анализа.
2. Основное уравнение измерений. Шкалы измерений.
3. Допустимые математические операции с числами в разных шкалах.
4. Комбинаторный анализ и его элементы.
5. Вероятность события, его определение и свойства.
6. Относительная частота события и ее устойчивость.
7. Статистическое определение вероятности.
8. Зависимые и независимые события. Условная вероятность.
9. Основные теоремы теории вероятности.
10. Формула полной вероятности. Формула Байеса.
11. Формула и схемы испытаний Бернулли.
12. Формула Муавра-Лапласа.

13. Формула Пуассона.
14. Степенные и структурные средние величины в статистическом анализе данных.
15. Оценка качества массива данных.
16. Ошибки измерений и классификация погрешностей.
17. Теорема Бернулли о частоте вероятности.
18. Влияние математических операций на абсолютные и относительные погрешности.
19. Кластерный анализ.
20. Геоморфологическая классификация по статистическим показателям.
21. Построение геоморфологической классификации методом естественных группировок.
22. Статистические критерии, оценка ошибок среднего и дисперсии.
23. Кривые распределения и описание и их помощью массивов данных.
24. Выбор оптимального количества интервалов при построении гистограмм.
25. Кривые распределения и количественная оценка их сходства и различия.
26. Построение кривых распределения высот и уклонов и геоморфологическая интерпретация их формы. Отражение морфологии рельефа в кривых распределения.
27. Свойство эргодичности в геоморфологии.

6 семестр

Примерный перечень вопросов для зачета

1. Функциональная, статистическая и корреляционная зависимости.
2. Показатели статистической зависимости.
3. Виды уравнений регрессии.
4. Оценка качества регрессионной модели.
5. Методы сглаживания исходных данных.
6. Ошибки выборки и ложные корреляции.
7. Кригинг.
8. Искусственная нейронная сеть и ее структура.
9. Преимущества и недостатки обработки информации искусственными нейронными сетями.
10. Условия применимости и ограничения использования дисперсионного анализа.
11. Смысловая интерпретация результатов двухфакторного дисперсионного анализа.
12. Исследование зависимости крутизны склонов от высоты и экспозиции с помощью регрессионного анализа. Геоморфологическая интерпретация результатов.
13. Обработка данных с помощью балльных шкал измерения. Их преимущества и недостатки.
14. Типичные ошибки при разработке порядковых шкал и проведении арифметических операций с баллами.
15. Перевод балльных шкал в интервальные.

16. Теоретическое определение доли теряемого обломком вещества при смене класса окатанности.
17. Построение графиков зависимости между баллами окатанности и долей теряемого вещества, подбор наиболее подходящих уравнений регрессии.
18. Представление данных в безразмерном виде.
19. Комплексные балльные оценки качества.

Примерный перечень вопросов для экзамена

1. Место морфометрического анализа в геоморфологических исследованиях.
2. Основные этапы развития морфометрических идей.
3. Методологический базис и основные черты современной теории морфометрии. Роль теории геоморфологической конвергенции в развитии морфометрии.
4. Морфометрия и картография. Роль картографических методов в развитии морфометрии рельефа.
5. Морфометрия и математика. Причины привлечения математических методов в геоморфологию, основные трудности и ограничения.
6. Сущность геометризации рельефа, цели геометризации рельефа, основные трудности и ограничения.
7. Морфологическая структура рельефа и функциональная сущность ее элементов. Способы количественного описания: точек; линий; поверхностей.
8. Морфологическая индикация факторов и условий рельефообразования: пассивной геологической структуры; новейшей тектоники; климатических.
9. Индикационные методы в морфометрических исследованиях. Признаки-индикаторы условий и факторов рельефообразования. «Геоморфологическая память» и ее свойства.
10. Прямая и обратная морфометрические задачи.
11. Планирование морфометрических исследований. Две стратегии морфометрических исследований в зависимости от набора исходных материалов; принципиальное различие стратегий.
12. Три класса задач, исторически решаемых морфометрической наукой.
13. Шкалы измерений. Допустимые арифметические операции с числами в разных шкалах.
14. Морфометрические коэффициенты и морфометрические индексы.
15. Измерения и эталоны. Основное уравнение измерения, правило единицы измерения (правило эталона). Требования при выборе эталона для морфометрических работ.
16. Основные описательные статистики. Степенные средние величины. Их арифметический и геометрический смысл.
17. Основные описательные статистики. Структурные средние величины. Их арифметический и геометрический смысл.
18. Основные описательные статистики. Показатели разнообразия выборки, их свойства, арифметический и геометрический смысл. Дисперсия, стандартное отклонение, стандартная ошибка средней (средняя ошибка повторной выборки), коэффициент вариации (квадратический коэффициент вариации),
19. Виды распределений случайных величин и их основные свойства. Биномиальное распределение. Распределение Пуассона. Распределение Гаусса-Лапласа.

20. Асимметрия нормального распределения. Воздействие смещенности на среднее арифметическое, медиану и моду. Полимодальные распределения. Их статистическая и геоморфологическая интерпретации.

21. Процедура классификации, ее цели и ее место в геоморфологических исследованиях. Различие процедур классификации и районирования. Принципы классификации количественно измеряемых данных. Классификация количественных данных с неоднородной внутренней структурой на примере метода естественных группировок, его достоинства и недостатки.

22. Кластерный анализ. Общие принципы работы агломеративных и дивизивных процедур иерархического кластерного анализа. Основные проблемы кластеризации. Проверка достоверности границ между классами с применением ошибки разности средних и ошибки разности основных отклонений.

23. Ошибка (погрешность) измерений. Терминология. Методы определения ошибки (погрешности) измерений. Классификация погрешностей: по форме представления (абсолютная, относительная, приведённая), по причине возникновения (инструментальные, методические, личностные), по характеру проявления (случайная, систематическая, промах). Влияние арифметических процедур на результирующую погрешность при обработке исходного массива числовых данных.

24. Теорема Бернулли о частоте вероятностей в приложении к определению количества необходимых и достаточных измерений. Предпосылки и ограничения к применению формулы Бернулли.

25. Описание массивов числовых данных при помощи сравнения кривых распределения. Четыре группы геоморфологических задач, решаемых с помощью анализа кривых распределения (количественное описание рельефа; создание классификации рельефа; определение тенденции развития рельефа; установление характера пространственной и/или временной изменчивости выбранного признака).

26. Принципы выбора оптимального количества интервалов разбиения для построения гистограммы. Способы количественной оценки сходства и различия эмпирических распределений. Принцип эргодичности в геоморфологии.

27. Функциональная, статистическая и корреляционная зависимости. Модельное уравнение регрессии. Различие между причинно-следственными и статистическими связями. Показатели статистической зависимости: ковариация и линейный коэффициент корреляции, их преимущества и недостатки.

28. Регрессионный анализ. Основные виды уравнений регрессии. Принципы выбора оптимального уравнения регрессии. Численная оценка качества регрессии с использованием коэффициента детерминации, его смысл.

29. Устойчивость регрессионной модели, явление алиасинга. Цель процедур сглаживания исходных данных, достоинства и недостатки различных приемов сглаживания.

30. Дисперсионный анализ. Принципиальные основы. Условия применимости и ограничения метода. Общий ход проведения двухфакторного дисперсионного анализа и интерпретация результатов.

31. Баллы. Определение понятия «балл». Преимущества и недостатки балльных шкал. Типичные ошибки при конструировании балльных шкал и проведении арифметических операций с баллами.

32. Комплексные балльные оценки. Два подхода к комплексной оценке разнокачественных признаков. Процедуры обезразмеривания (нормирования) балльных шкал, их достоинства и недостатки.

Успешное выполнение заданий текущего контроля успеваемости

4, 5, 6 семестры – зачет

В случае успешного выполнения всех заданий текущего контроля успеваемости и получения за каждое из них оценки не ниже 80% выставляется «зачет».

В случае успешного выполнения всех заданий текущего контроля успеваемости и получения за каждое 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».

Шкала и критерии оценивания на зачете

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания (виды оценочных средств: устные опросы)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (виды оценочных средств: домашние задания)	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)
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: устные опросы, домашние задания)	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

6 семестр – экзамен

Необходимым условием допуска к экзамену является успешное прохождение промежуточной аттестации 6 семестра.

Вопросы к экзамену базируются на материале 4, 5 и 6 семестров.

В случае успешного ответа на вопросы экзаменационного билета и получение за каждый из них оценки не ниже 85% выставляется «отлично».

В случае ответа на вопросы экзаменационного билета и получение суммарной оценки от 70 до 85% выставляется «хорошо».

В случае ответа на вопросы экзаменационного билета и получение суммарной оценки от 50 до 70% выставляется «удовлетворительно».

В случае если суммарная оценка на вопросы экзаменационного билета не превышает 50%, выставляется «неудовлетворительно».

Шкала и критерии оценивания на экзамене

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Знания (виды оценочных средств: устный опрос, контрольная работа)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: устный опрос, контрольная работа)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (устный опрос, контрольная работа)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

8. Ресурсное обеспечение:

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

1. Симонов Ю.Г. Морфометрический анализ рельефа. – Смоленск: Изд-во Смоленского ун-та, 1998.
2. Симонов Ю.Г. Объяснительная морфометрия рельефа. – М.: ГЕОС, 1999.
3. Пенк В. Морфологический анализ. – М.: Государственное издательство географической литературы, 1961.

Дополнительная литература:

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учеб. для вузов 10-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2006.
2. Христофоров А.В., Юмина Н.М. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие. – М.: Географический факультет МГУ, 2017.
3. Чалов Р.С. Руслловые процессы (русловедение) : учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2016.
4. MapInfo Professional 8.0. Руководство пользователя. Troy – NewYork, ООО “ЭСТИМАП”, 2005.

- Перечень лицензионного программного обеспечения

Лицензионное ПО:

ГИС MapInfo Professional v. 6.0 и выше

ГИС SAGA – System for Automatic Geoscientific Analyses URL: [SAGA - System for Automated Geoscientific Analyses \(saga-gis.org\)](http://saga-gis.org),

Нелицензионное ПО:

приложения Microsoft Office (Word, Excel).

- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем – реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)
 - поисковая система научной информации www.scopus.com
 - электронная база научных публикаций www.webofscience.com
 - GoogleEarth, URL: Google Earth;
 - Яндекс карты, URL: <http://yandex.ru/maps>;
- Описание материально-технической базы
Компьютерный класс, персональные компьютеры, оборудование для демонстрации презентаций.

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватели: ответственный за курс, преподаватели:

Ульянов Владимир Александрович

11. Разработчики программы: Ульянов Владимир Александрович, научный сотрудник кафедры геоморфологии и палеогеографии, кандидат географических наук.