

**Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова  
Географический факультет**

«Утверждено»

Декан географического факультета  
член-корр. РАН С.А. Добролюбов



Согласовано  
Учебно-методической комиссией  
факультета

« 06 » декабря 2018 г.  
протокол № 11

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Математическая картография»**

по направлению подготовки **05.03.03 «Картография и геоинформатика»**  
уровня высшего образования бакалавриат  
с присвоением квалификации «бакалавр»

**Направленность (профиль): общий**

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Картография и геоинформатика» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

*Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.*

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель:** приобретение студентами знаний и практических навыков, которые связаны с изображением земного шара и эллипсоида вращения, а также небесных тел на плоскости

**Задачи освоения дисциплины:**

изучение математических элементов карты, видов и величин искажений картографических изображений, способов математической оценки этих искажений и способов их визуализации,

изучение наиболее известных и употребляемых картографических проекций, способов их получения и правил их применения при создании и использовании различных типов карт.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Математическая картография» включена в базовую часть ООП бакалавриата, модуль «Основы картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования». Изучается на 3-м курсе в 5-м семестре.

Изучению данной дисциплины предшествуют дисциплины бакалавриата «Математика», «Топография», «Геодезические основы карт», «Информатика с основами геоинформатики».

Дисциплина «Математическая картография» необходима в качестве предшествующей для дисциплин модулей «Геоинформатика и геоинформационное картографирование» и «Географическое картографирование».

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

В соответствии с ОС МГУ и «Оценочными и методическими материалами формирования компетенций, оценивания уровня знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности у обучающихся и выпускников» освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций и получение следующих результатов обучения:

Способность использовать знания геодезических и математических основ карт, методов и технологий глобального позиционирования при создании картографических произведений и баз пространственных данных (ПК-6.Б, *формируется частично*)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** современную теорию математической картографии, особенности элементов математической основы карт с целью правильного отображения в плоскости проекции пространственно-временных закономерностей и явлений при создании общегеографических и тематических карт и атласов, как в традиционной аналоговой, так и в цифровой формах.

**Уметь:** использовать знания математической картографии при создании карт, цифровых картографических основ, баз данных ГИС и других видов картографической продукции.

**Владеть:** навыками выбора, расчёта, компоновки, преобразования и использования картографических проекций и других элементов математической основы карт, в том числе с учётом геоинформационных технологий и технологий Интернет-картографирования.

## 4. Структура и содержание дисциплины

**Объем дисциплины и виды учебной работы.**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы.

Общая аудиторная нагрузка – 54 часа, в т.ч. лекции – 36 часов, семинары – 18 часов.  
 Объем самостоятельной работы студентов – 54 академических часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	семестр	неделя	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Контактная работа		СРС	
				лекции	семинары		
1	Введение. Краткий обзор развития математической картографии. Предмет и задачи математической картографии.	5	1-3	6	2	4	Устный опрос, отчет по практической работе
2	Элементы математической основы карт	5	4-5	4	2	3	Тест, отчет по практической работе
3	Референц-поверхности и координатные системы	5	6-7	4	2	4	Устный опрос, отчет по практической работе
4	Искажения в картографических проекциях.	5	8-9	4	2	3	Тест, отчет по практической работе
5	Классификация картографических проекций. Изображение поверхности земного эллипсоида на шаре	5	10-12	6	4	5	Тест, отчет по практической работе
6	Конические, азимутальные и цилиндрические проекции	5	13-15	6	2	4	Устный опрос, отчет по практической работе
7	Картографические проекции карт различного назначения	5	16-18	6	4	4	Тест, отчет по практической работе
8	Промежуточная аттестация					27	Экзамен
	Итого		<b>18</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>54</b>	

## 5. Содержание дисциплины

### Содержание лекций

#### **Введение. Краткий обзор развития математической картографии. Предмет и задачи математической картографии**

Способы получения проекций. Первые картографические проекции. Достижения античной науки в области математической картографии. Проекция карт 15—16 вв. Проекция карт 17—18 вв. Развитие учения о проекциях от конца 18 в. до начала 20 в. Становление и развитие математической картографии. Переход от теории картографических проекций к математической картографии. Предмет и задачи математической картографии. Связь математической картографии с другими картографическими дисциплинами и науками.

### **Элементы математической основы карт**

Понятие математической основы карт. Составляющие математической основы карт. Масштаб. Разновидности масштаба. Временной масштаб. Астрономо-геодезическая основа карты. Датум. Понятие картографической проекции. Параметры картографической проекции. Координатные сетки. Рамки карты. Средний меридиан проекции.

### **Референц-поверхности и координатные системы**

Понятие о физической поверхности Земли и поверхностях относимости (референц-поверхностях). Представление картографируемых тел с помощью шара. Система координат шара. Представление картографируемых тел с помощью эллипсоида вращения. Типы эллипсоидов. Система координат эллипсоида вращения. Представление картографируемых тел с помощью трёхосного эллипсоида. Система координат трёхосного эллипсоида. Варианты задания широт для трёхосного эллипсоида. Методика картографирования с помощью морфографических проекций и проекций реальных поверхностей. Прямоугольные сферические координаты. Сферические полярные координаты. Формулы связи географических и сферических полярных координат. Сетка вертикалов и альмукантаратов.

### **Искажения в картографических проекциях.**

Понятие о картографической проекции. Математические требования, предъявляемые к картографическим проекциям. Уравнения картографической проекции. Варианты задания уравнений проекций. Элементы картографической проекции. Переход от поверхности эллипсоида или шара к проекции на плоскости через элементарный параллелограмм. Коэффициенты Гаусса. Понятие о масштабах (общий и частный масштабы) и видах искажений (искажения длин, площадей и углов). Показатели искажений. Эллипс искажений. Главные направления. Формулы масштабов длин, площадей и искажений углов в проекциях с ортогональными сетками. Характеристики равноугольных, равновеликих, равнопромежуточных проекций. Угол классификации проекций. Отображение на картах искажений регионального масштаба. Показатели искажений длин, площадей, определяемые по фигурам искажений. Коэффициент стереографичности.

### **Классификация картографических проекций. Изображение поверхности земного эллипсоида на шаре.**

Виды классификаций картографических проекций. Классификации картографических проекций по виду используемой референц-поверхности; по характеру искажений; по ориентировке картографической сетки в зависимости от положения точки полюса. Классификации проекций по виду нормальной картографической сетки и общих уравнений проекций; по способам получения проекций; по составу параметров математических элементов. Классификация картографических проекций по признакам, диктуемым объектом картографирования. Задача по изображению поверхности земного эллипсоида на шаре. Способы изображения поверхности земного эллипсоида на шаре.

### **Конические, азимутальные и цилиндрические проекции**

Конические проекции. Общие формулы конических проекций. Область применения конических проекций. Способы определения постоянных для конических проекций. Нормальные равноугольные, равнопромежуточные, равновеликие конические проекции. Косые и поперечные конические проекции. Цилиндрические проекции. Общие формулы цилиндрических проекций. Область применения цилиндрических проекций. Нормальные равноугольные, равнопромежуточные, равновеликие цилиндрические проекции. Локсодромия в проекции Меркатора. Косые и поперечные цилиндрические проекции. Их общие формулы. Азимутальные проекции.

Общие формулы азимутальных проекций для шара. Область применения азимутальных проекций. Общие формулы косых и поперечных азимутальных проекций. Равноугольные, равнопромежуточные, равновеликие азимутальные проекции. Перспективно-азимутальные проекции с негативным и позитивным изображениями на картинную плоскость. Их общие формулы. Гномоническая проекция. Ортодромия в гномонической проекции. Стереографическая проекция. Её общие формулы. Применение проекции. Ортографическая проекция. Её общие формулы.

### **Картографические проекции карт различного назначения**

Картографические проекции карт различного назначения. Проекция карт мира. Проекция карт полушарий. Проекция карт океанов. Проекция карт частей света, материков и их частей. Проекция карт Российской Федерации. Проекция топографических карт. Проекция навигационных карт. Проекция карт мира масштабов 1:1 000 000 и 1:2 500 000. Проекция карт небесных тел.

#### *План проведения семинаров*

*Вводная часть.* Преподаватель объясняет цель, содержание работы и требования к отчетным материалам.

*Работа в режиме обсуждения.* Предлагается обсудить особенности выполнения каждой работы с привлечением различных инструментальных по вычислению проекций, построению картографических сеток и оформлению графической части работы.

*Индивидуальная работа в аудитории:* каждый из студентов выполняет индивидуальную работу, связанную с конкретным заданием.

#### *Семинар 1 (2 часа) – Построение картографических сеток графическими приёмами*

Цель и содержание: Студенту предлагается построить картографические сетки нескольких проекций. При этом используются только геометрические построения. Некоторые сетки проекций строятся с использованием графоаналитического способа.

Материалы: Гинзбург Г.А. Построение сеток географических карт графическими приёмами – М.: Геодиздат, 1957

Методические указания: Описание работы в электронной форме, выдаваемое каждому студенту индивидуально.

Отчетный материал: Эскизы картографических сеток проекций с отображёнными построениями. Пояснительная записка к выполненной работе.

#### *Семинар 2 (2 часа) Решение задач по общей теории картографических проекций*

Цель и содержание: Каждому студенту выдаются уравнения конкретной проекции. Необходимо определить ортогональность картографической сетки, получить формулы частных масштабов длин, масштаба площади, максимального искажения углов. Далее определить к какой группе по характеру искажений относится проекция. На заключительном этапе по виду сетки меридианов и параллелей определить проекцию.

Материалы: Приложение 2 в учебнике Вахрамеева Л.А., Бугаевский Л.М., Казакова З.Л. Математическая картография: Учебник для вузов. – М.: 1986; Гинзбург Г.А., Салманова Т.Д. Атлас для выбора картографических проекций. – Труды ЦНИИГАиК, вып. 110. – М.: 1957, - 239с.; Snyder J. P., Voxland P. M. An Album of Map Projections. U.S. Geological Survey Professional Paper 1453. U.S. Government Printing Office: 1989. – 249p.

Методические указания: Описание работы в электронной форме, выдаваемое каждому студенту индивидуально.

Отчетный материал: Пояснительная записка с описанием хода вычислений характеристик картографических проекций и эскиз картографической сетки.

**Семинар 3 (2 часа) Вычисление нормальной равноугольной цилиндрической проекции (проекции Меркатора) и построение её картографической сетки.**

Цель и содержание: Выдаются исходные данные для вычислений:  $\varphi_{ю}$  – широта южной параллели территории;  $\varphi_{с}$  – широта северной параллели территории;  $\lambda_{з}$  – долгота западного меридиана территории;  $\lambda_{в}$  – долгота восточного меридиана территории;  $\Delta\varphi$  – частота картографической сетки по широте;  $\Delta\lambda$  – частота картографической сетки по долготе. Необходимо найти параметр проекции  $\beta$  из условия сохранения главного масштаба на средней параллели заданной территории с широтой  $\varphi_k$ , вычислить прямоугольные координаты, построить картографическую сетку проекции Меркатора.

Материалы: Приложение 2 в учебнике Вахрамеева Л.А., Бугаевский Л.М., Казакова З.Л. Математическая картография: Учебник для вузов. – М.: 1986; Руководство по построению картографических сеток с заданными координатами узлов в любом ГИС-пакете.

Методические указания: Описание работы в электронной форме, выдаваемое каждому студенту индивидуально.

Отчетный материал: Пояснительная записка с вычислениями и эскизом картографической сетки проекции.

**Семинар 4 (2 часа) Вычисление нормальной равноугольной конической проекции и построение её картографической сетки.**

Цель и содержание: Выдаются исходные данные для вычислений:  $\varphi_{ю}$  – широта южной параллели территории;  $\varphi_{с}$  – широта северной параллели территории;  $\lambda_{з}$  – долгота западного меридиана территории;  $\lambda_{в}$  – долгота восточного меридиана территории;  $\Delta\varphi$  – частота картографической сетки по широте;  $\Delta\lambda$  – частота картографической сетки по долготе. Необходимо найти параметры проекции  $\alpha$  и  $C$  из условия сохранения главного масштаба на двух параллелях с широтами  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ . Вычислить прямоугольные координаты и построить картографическую сетку проекции.

Материалы: Приложение 2 в учебнике Вахрамеева Л.А., Бугаевский Л.М., Казакова З.Л. Математическая картография: Учебник для вузов. – М.: 1986; Руководство по построению картографических сеток с заданными координатами узлов в любом ГИС-пакете.

Методические указания: Описание работы в электронной форме, выдаваемое каждому студенту индивидуально.

Отчетный материал: Пояснительная записка с вычислениями и эскизом картографической сетки проекции.

**Семинар 5 (4 часа) Построение линий положения (локсодромии и ортодромии) в различных проекциях**

Цель и содержание: Зная  $\alpha$  – постоянный угол между меридианом и линией локсодромии для широт промежуточных точек  $\varphi_i$  вычислить долготы точек локсодромии  $\lambda_i$ , начиная с точки с координатами  $\varphi_A, \lambda_A$  с шагом  $\Delta\varphi = 1^\circ$  до широты  $\varphi_B$ . Перечисленные величины выдаются каждому студенту индивидуально. По полученным координатам нанести линию локсодромии на картографическую сетку равноугольной цилиндрической проекции Меркатора и равноугольной конической проекции, которые были рассчитаны в предыдущих лабораторных работах. Построить картографическую сетку гномонической проекции, вычислив координаты узлов по соответствующим формулам на северное полушарие (шаг сетки  $10^\circ$ ), начиная от  $20^\circ$  с.ш. до  $90^\circ$  с.ш. Построить картографическую сетку стереографической проекции, вычислив координаты узлов по соответствующим формулам (шаг сетки  $10^\circ$ ) на

северное полушарие, начиная от  $20^\circ$  с.ш. до  $90^\circ$  с.ш. Вычислить географические координаты промежуточных точек ортодромии, начиная с точки с координатами  $\varphi_1=21^\circ$ ,  $\lambda_1=20^\circ$  до широты  $\varphi_2=71^\circ$ ,  $\lambda_2=80^\circ$  с шагом  $\Delta\varphi=1^\circ$ . По полученным координатам точек ортодромии нанести её на картографическую сетку гномонической и стереографической проекций шара.

Материалы: Приложение 2 в учебнике Вахрамеева Л.А., Бугаевский Л.М., Казакова З.Л. Математическая картография: Учебник для вузов. – М.: 1986; Руководство по построению картографических сеток с заданными координатами узлов в любом ГИС-пакете.

Методические указания: Описание работы в электронной форме, выдаваемое каждому студенту индивидуально.

Отчетный материал: Пояснительная записка с вычислениями и эскизом картографических сеток проекций и нанесёнными на них линиями положений.

### *Семинар 6 (2 часа) Построение эллипса искажений и особенности измерений по карте, представленной в цифровой форме*

Цель и содержание: На сканированной карте Тихого и Индийского океанов масштаба 1:50 000 000 (сканированное изображение отличается от численного масштаба) в синусоидальной с небольшими искажениями площадей проекции Урмаева в точке  $A$  с координатами  $\varphi$ ,  $\lambda$  вычислить искажения и построить эллипс искажений. Координаты точки  $A$  выдаются каждому студенту индивидуально.

Материалы: Руководство по построению картографических сеток с заданными координатами узлов в любом ГИС-пакете. Руководство по оформлению карт в графическом пакете.

Методические указания: Описание работы в электронной форме, выдаваемое каждому студенту индивидуально.

Отчетный материал: Пояснительная записка с вычислениями и графическим приложением в виде фрагмента карты с нанесённым в заданной точке эллипсом искажений.

### *Семинар 7 (4 часа) Определение картографических проекций по виду сетки параллелей и меридианов*

Цель и содержание: Изучить отечественные картографические проекции и научиться их распознавать по виду сетки меридианов и параллелей. Определить картографические проекции географических карт в вариантах, выданных студенту индивидуально.

Материалы: Варианты сеток картографических проекций с очертаниями материков и их крупных частей, территорий СССР и РФ в векторном формате. Гинзбург Г.А., Салманова Т.Д. Атлас для выбора картографических проекций. – Труды ЦНИИГАиК, вып. 110. – М.: 1957, - 239с.

Методические указания: Описание работы в электронной форме, выдаваемое каждому студенту индивидуально.

Отчетный материал: Пояснительная записка с вычислениями и графической частью, отображающей картографическую сетку с заданной территорией и вспомогательными построениями для определения проекции.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

Самостоятельное изучение материалов, связанных с выбором и вычислениями картографических проекций, с использованием предлагаемой литературы; изучение



атласов для выбора картографических проекций. Самостоятельное изучение инструментария для построения картографических сеток и оформления графической части работ.

## 7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Отчет по практической работе включает выполнение студентом работы по теме семинара (№№ 1-7, см. п. 5. Содержание дисциплины) и при необходимости исправление замечаний.

*Примерный перечень вопросов для устного опроса*

1. Что понимают под термином «математическая основа карты»?
2. Что определяет главный масштаб длин?
3. Какую параллель называют главной?
4. Какие математические элементы электронной карты называют динамическими переменными?
5. Временной масштаб - что это такое?
6. Каковы особенности их масштабов электронных карт?
7. Как называется система полярных координат, полюс которой совмещен с географическим полюсом?
8. Чему равна широта условного полюса в проекциях поперечной ориентировки?
9. В узлах картографической сетки эллипсы искажений имеют форму кругов. Какая это проекция по характеру искажений?
10. Какими свойствами обладает азимутальная стереографическая проекция?
11. Чем отличаются проекции реальных поверхностей от проекций регулярных поверхностей?
12. Какими свойствами обладает нормальная азимутальная равнопромежуточная проекция?
13. Как визуально отличить равновеликую цилиндрическую проекцию от равноугольной или произвольной?

*Примерные варианты тестов по теоретическому материалу (4 раза за семестр)*

*Вопрос:* «Что характеризуют локальные критерии искажений?»

*Варианты ответов:*

- a) Искажения в данной точке карты
- b) Искажения на эллипсоиде
- c) Искажения континентов

*Вопрос:* «Какими не бывают по характеру искажений псевдоцилиндрические проекции?»

*Варианты ответов:*

- a) Равновеликими
- b) Произвольными
- c) Равноугольными

## 8. Формы и содержание промежуточной аттестации

Устный экзамен.

При отсутствии у обучающегося отчёта по одной или нескольким практическим работам на экзамене студенту предоставляется возможность выполнить весь объём учебной работы до ответа на вопрос в пределах нормативного времени, отведенного на приём устного экзамена (до 30 минут на одного обучающегося). При невыполнении указанного условия, учебный план считается невыполненным, обучающемуся выставляется оценка «неудовлетворительно».

*Примерный перечень вопросов к экзамену*

1. Способы получения проекций. Первые картографические проекции
2. Достижения античной науки в области математической картографии.
3. Проекция карт 15—18 вв.

4. Развитие учения о проекциях от конца 18 в. до начала 20 в. (разработки В. В. Каврайского, В.В. Витковского, К. Мольвейде и др.)
5. Становление и развитие математической картографии.
6. Предмет и задачи математической картографии.
7. Связь математической картографии с другими картографическими дисциплинами и науками.
8. Понятие математической основы карт. Составляющие математической основы.
9. Масштаб. Разновидности масштаба. Астрономо-геодезическая основа. Датум.
10. Понятие картографической проекции. Её параметры.
11. Координатные сетки. Её свойства. Узловые точки картографической сетки. Рамки карты. Средний меридиан проекции.
12. Поверхности относимости (референц-поверхности).
13. Представление картографируемых тел с помощью шара.
14. Представление картографируемых тел с помощью эллипсоида вращения. Типы эллипсоидов.
15. Представление картографируемых тел с помощью трёхосного эллипсоида.
16. Система координат трёхосного эллипсоида. Варианты задания широт для трёхосного эллипсоида.
17. Картографирование с помощью морфографических проекций и проекций реальных поверхностей.
18. Прямоугольные сферические и сферические полярные координаты.
19. Формулы связи географических и сферических полярных координат.
20. Сетка вертикалов и альмукантаратов.
21. Понятие о картографической проекции.
22. Математические требования, предъявляемые к картографическим проекциям.
23. Уравнения картографической проекции. Варианты задания уравнений проекций.
24. Элементы картографической проекции.
25. Переход от поверхности эллипсоида или шара к проекции на плоскости через элементарный параллелограмм.
26. Выражения для элементарных дуг меридиана и параллели, элементарной площади, угла между меридианом и параллелью.
27. Коэффициенты Гаусса.
28. Выражение угла между меридианом и параллелью.
29. Понятие о масштабах (общий и частный масштабы) и видах искажений (искажения длин, площадей и углов).
30. Показатели искажений. Эллипс искажений. Рассуждения о величине искажений.
31. Формулы масштабов длин и площадей.
32. Главные направления.
33. Формулы искажений углов.
34. Характеристики равноугольных, равновеликих, равнопромежуточных проекций.
35. Угол классификации проекций.
36. Отображение на картах искажений регионального масштаба. Показатели искажений длин, площадей, определяемые по фигурам искажений.
37. Коэффициент стереографичности.
38. Виды классификаций картографических проекций.
39. Задача по изображению поверхности земного эллипсоида на шаре.
40. Изображение поверхности земного эллипсоида на шаре. Пренебрежение влиянием сжатия земного эллипсоида (соответствие по нормальям).
41. Равноугольное изображение поверхности земного эллипсоида на шаре.

42. Равновеликое и равнопромежуточное вдоль меридианов изображения поверхности земного эллипсоида на шаре.
43. Конические проекции. Область их применения. Общие формулы конических проекций для поверхности эллипсоида вращения. Способы определения постоянных  $\alpha$  и  $C$  для конических проекций.
44. Прямые (нормальные) равноугольные конические проекции. Их общие формулы. Определение постоянных  $\alpha$  и  $C$  для прямых равноугольных конических проекций под условием сохранения масштабов на двух стандартных параллелях.
45. Прямые (нормальные) равнопромежуточные конические проекции. Их общие формулы. Определение постоянных  $\alpha$  и  $C$  для прямых равнопромежуточных конических проекций под условием сохранения масштабов на двух стандартных параллелях.
46. Прямые (нормальные) равновеликие конические проекции. Их общие формулы. Определение постоянных  $\alpha$  и  $C$  для прямых равновеликих конических проекций под условием сохранения масштабов на двух стандартных параллелях.
47. Косые и поперечные конические проекции. Их общие формулы.
48. Цилиндрические проекции. Область их применения. Общие формулы цилиндрических проекций.
49. Прямые (нормальные) равноугольные цилиндрические проекции. Их общие формулы. Локсодромия в проекции Меркатора.
50. Прямые (нормальные) равнопромежуточные цилиндрические проекции. Их общие формулы. Квадратная проекция.
51. Прямые (нормальные) равновеликие цилиндрические проекции. Их общие формулы. Изоцилиндрическая проекция.
52. Косые и поперечные цилиндрические проекции. Их общие формулы.
53. Азимутальные проекции. Системы координат в нормальной азимутальной проекции. Общие формулы азимутальных проекций для шара. Область их применения.
54. Общие формулы косых и поперечных азимутальных проекций.
55. Равноугольные азимутальные проекции. Формулы косой, поперечной и нормальной равноугольных азимутальных проекций.
56. Равнопромежуточные азимутальные проекции. Формулы косой, поперечной и нормальной равнопромежуточных азимутальных проекций.
57. Равновеликие азимутальные проекции. Формулы косой, поперечной и нормальной равновеликих азимутальных проекций.
58. Перспективно-азимутальные проекции с негативным и позитивным изображениями на картинную плоскость. Их общие формулы.
59. Гномоническая (центральная) проекция. Общие формулы. Формулы нормальной и поперечной гномонической проекции. Применение проекции. Ортодромия в гномонической проекции.
60. Стереографическая проекция. Общие формулы. Формулы нормальной и поперечной стереографической проекции. Применение проекции.
61. Ортографическая проекция. Общие формулы. Формулы нормальной и поперечной ортографической проекции. Применение проекции.
62. Проекции карт мира.
63. Проекции карт полушарий.
64. Проекции карт океанов.
65. Проекции карт частей света, материков и их частей.
66. Проекции карт Российской Федерации.
67. Проекции топографических карт.

68. Проекция навигационных карт.  
 69. Проекция карт мира масштабов 1:1 000 000 и 1:2 500 000.  
 70. Проекция карт небесных тел.

### ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО)

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устные опросы, тесты)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: практические задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды оценочных средств: практические задания)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

### 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

*Учебное пособие:*

1. Касьянова, Е.Л. Математическая картография: учебное пособие / Е.Л. Касьянова – Новосибирск: СГУГиТ, 2016. – 103с.

*Статьи:*

2. Нырцов М. В., Флейс М. Э., Борисов М. М. Картографирование астероида 433 Эрос в равнопромежуточных вдоль меридианов цилиндрической и азимутальной проекциях трёхосного эллипсоида // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. — 2012. — № 1. — С. 54–61
3. Флейс М. Э., Нырцов М. В., Борисов М. М. Исследование свойства равноугольности цилиндрических проекций трехосного эллипсоида // Доклады Академии наук. — 2013. — Т. 451, № 3. — С. 336–338
4. Equal-area projections of the triaxial ellipsoid: First time derivation and implementation of cylindrical and azimuthal projections for small solar system bodies / M. V. Nyrtsov, M. E. Fleis, M. M. Borisov, P. J. Stooke // Cartographic Journal. — 2015. — Vol. 52, no. 2. — P. 114–124.

б) дополнительная литература:

1. Бугаевский Л.М., Вахрамеева Л.А. Геодезия. Картографические проекции: Справочное пособие. – М.: Недра, 1992. – 293с.

2. Бугаевский Л.М. Математическая картография: Учебник для вузов. – М.: 1998, - 400с.
3. Бугаевский Л.М. Теория картографических проекций регулярных поверхностей – М. «Златоуст», 1999, - 144с.
4. Вахрамеева Л.А., Бугаевский Л.М., Казакова З.Л. Математическая картография: Учебник для вузов. – М.: 1986, - 286с.
5. Гинзбург Г.А., Салманова Т.Д. Атлас для выбора картографических проекций. – Труды ЦНИИГАиК, вып. 110. – М.: 1957, - 239с.
6. Гинзбург Г.А., Салманова Т.Д. Пособие по математической картографии. – Труды ЦНИИГАиК, вып. 160. – М.: 1964, - 456с.
7. Мозжерин В.В. Практикум по картографии. Математическая основа карт (учебно-методическое пособие). Казань: Изд-во КГУ, 2005. – 99 с.
8. Серапинас Б.Б. Математическая картография. Учебник для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 336 с.
9. Соловьёв М.Д. Математическая картография. – М.: Изд-во «Недра», 1969, 288с.
10. Lev M. Bugaevsky and John P. Snyder. Map Projections. A Reference Manual. Taylor&Francis, 1995
11. Snyder, John P. Map projections: a working manual. USGS Professional Paper 1395. Washington, DC: United States Government Printing Office: 1987. –394p.
12. Snyder J. P., Voxland P. M. An Album of Map Projections. U.S. Geological Survey Professional Paper 1453. U.S. Government Printing Office: 1989. –249p.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение для геоинформационного анализа и картографирования: ArcGIS, или MapInfo, или QGIS.

Свободно распространяемое программное обеспечение: FlexProjector by Bernhard Jenny, G.Projector by Robert B. Schmunk.

*Интернет-ресурсы:*

Информационный сайт ЦГИ ИГРАН. Проекция трёхосного эллипсоида:

[http://geocnt.geonet.ru/3\\_axial](http://geocnt.geonet.ru/3_axial)

Информационный сайт ЦГИ ИГРАН. Равновеликие проекции трёхосного эллипсоида: [http://geocnt.geonet.ru/3\\_axial\\_equal\\_area](http://geocnt.geonet.ru/3_axial_equal_area)

Сайт комиссии по картографическим проекциям при МКА: <http://ica-proj.kartografija.hr/home.en.html>

Страница по картографическим проекциям Carlos A. Furuti:

<http://www.progonos.com/furuti/MapProj/CartIndex/cartIndex.html>

Страница по картографическим проекциям Dana P.H.

<http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/mapproj/mapproj.html>

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

Учебная аудитория с мультимедийным проектором для проведения лекционных занятий. Компьютерный класс с доступом в Интернет и установленным программным обеспечением.

## **11. Контролирующие материалы по дисциплине (ФОС)**

### *Тесты контроля остаточных знаний по дисциплине*

1. Как классифицируют проекции по характеру искажений?
2. Какие искажения характеризует индикатриса Тиссо?
3. Чем отличается прямая задача математической картографии от обратной?

- a) В прямой задаче задаются характеристики проекции, а затем выводятся уравнения
  - b) В обратной задаче задаются характеристики проекции, а затем выводятся уравнения
  - c) В обратной задаче строится картографическая сетка, а затем она исследуется
4. В узлах картографической сетки построены эллипсы искажений, они имеют форму кругов. Какая это проекция по характеру искажений?
- a) Равновеликая
  - b) Равнопромежуточная
  - c) Равноугольная

Программа одобрена на заседании кафедры картографии и геоинформатики.

Зав. кафедрой  И.К. Лурье

**Разработчик:**

Нырцов Максим  
Валерьевич

профессор

МГУ имени М.В.Ломоносова,  
географический факультет, кафедра  
картографии и геоинформатики

**Эксперт:**

Кошель Сергей  
Михайлович

ведущий научный  
сотрудник

МГУ имени М.В.Ломоносова,  
географический факультет, кафедра  
картографии и геоинформатики