

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Н. А. Цупикова**

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ  
ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
(РАЗДЕЛ «КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ  
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ  
ИНФОРМАЦИИ»)**

Учебно-методическое пособие по лабораторным работам  
для студентов бакалавриата по направлению подготовки  
05.03.06 Экология и природопользование

Калининград  
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»  
2024

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов  
и аквакультуры, ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

Е. А. Масюткина

**Цупкива, Н. А.**

Пространственный анализ экологической информации (раздел «Картографические методы представления и анализа экологической информации»): учеб.-метод. пособие по лаб. работам для студ. бакалавриата по напр. подгот. 05.03.06 Экология и природопользование / **Н. А. Цупкива**. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2024. – 77 с.

Учебно-методическое пособие является руководством по проведению цикла лабораторных работ раздела «Картографические методы представления и анализа экологической информации» дисциплины «Пространственный анализ экологической информации» студентами, обучающимися по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование. Лабораторные работы предназначены для закрепления теоретического материала и приобретения навыков самостоятельной работы, применения полученных теоретических знаний при решении практических задач и включают план работ по каждой изучаемой теме, рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям, а также задания и вопросы для текущего контроля

Табл. 3, рис. 16, прил. 3, список лит. – 13 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по лабораторным работам. Рекомендовано к изданию и использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 25 октября 2024 г. протокол № 8

© Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный  
технический университет», 2024 г.  
© Цупкива Н.А., 2024 г.

## Содержание

Введение .....	4
Лабораторная работа 1 – План и карта. Математическая основа экологического картографирования: масштабы .....	7
Лабораторная работа 2 – Математическая основа картографирования: картографическая сетка, географические координаты .....	14
Лабораторная работа 3 – Математическая основа картографирования: разграфка и компоновка карт .....	22
Лабораторная работа 4 – Основные виды искажений на географических картах .....	27
Лабораторная работа 5 – Изучение картографических проекций .....	30
Лабораторная работа 6 – Графические средства, применяемые для различных картографических знаков .....	36
Лабораторная работа 7 – Изучение картографических знаков и знаковых систем .....	38
Лабораторная работа 8 – Построение картограммы и картодиаграммы .....	43
Лабораторная работа 9 – Составление гипсометрического профиля участка местности Калининградской области для целей природопользования и охраны окружающей среды .....	50
Лабораторная работа 10 – Комплексное картографическое исследование участка Калининградской области по заданной линии .....	55
Лабораторная работа 11 – Глазомерная съемка .....	59
Заключение .....	63
Библиографический список .....	64
ПРИЛОЖЕНИЕ А Фрагмент топографической карты Калининградской области .....	65
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Варианты заданий для лабораторной работы № 9 «Составление гипсометрического профиля участка местности Калининградской области для целей природопользования и охраны окружающей среды» .....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ В Образец оформления титульного листа пояснительной записки к гипсометрическому профилю участка местности Калининградской области (лабораторная работа № 10) .....	76

## Введение

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ разработано для направления подготовки 05.03.06 – Экология и природопользование (для очной формы обучения) по дисциплине «Пространственный анализ экологической информации», входящей в модуль направления обязательной части (раздел «Картографические методы представления и анализа экологической информации»).

Использование карты при территориальном исследовании проблем, возникающих в процессе взаимодействия человека и природы, использования природных ресурсов, решения экологических задач по сохранению качества природной среды и др., является важным и эффективным инструментом. Именно эколого-географическое картографирование позволяет представлять результаты подобных исследований в наиболее оптимальной, комплексной форме, что облегчает пространственный анализ экологических проблем. Карты отражают региональную структуру экономики, экологические конфликты, динамику явлений и процессов, особенности антропогенных воздействий, их структуру и т.д., и поэтому широко применяются для решения разнообразных практических задач, особенно регионального и локального масштаба, связанных с планированием рационального природопользования, оптимизацией размещения промышленных и социальных объектов, оценкой воздействия на окружающую среду.

Целью выполнения лабораторных работ раздела «Картографические методы представления и анализа экологической информации» дисциплины «Пространственный анализ экологической информации» является:

- 1) приобретение знаний о картографических методах и приемах работы с экологической информацией;
- 2) изучение способов пространственного представления экологической информации;
- 3) развитие умения анализировать и систематизировать информацию в целях экологического картографирования;
- 4) формирование навыков создания тематических карт экологической информации и картометрического анализа экологической информации.

Главная цель данного учебно-методического пособия – помочь студентам бакалавриата по направлению 05.03.06 – Экология и природопользование сформировать профессионально профилированные знания о картографических методах и способах представления и анализа экологической информации, а также способность применять их при решении задач в области экологии и природопользования.

Лабораторные занятия являются важнейшей составной частью учебного процесса, позволяющей студентам развить навыки самостоятельной работы с научной, нормативной и справочной литературой, картографическими материалами, приборами, получить опыт публичных выступлений, применить полученные теоретические знания при решении практических задач.

Каждая представленная лабораторная работа содержит:

- 1) цель работы;
- 2) задание, направленное на овладение изучаемой темой;
- 3) теоретические основы изучаемой темы, ключевые понятия и формулы, необходимые для успешного выполнения лабораторной работы;
- 4) контрольные вопросы разного уровня сложности для самоконтроля и закрепления изученного материала.

Лабораторные работы выполняются в тетради для лабораторных работ с составлением отчета по каждому заданию, прилагая в случае необходимости графики, схемы и чертежи, построенные на миллиметровой бумаге.

На лабораторных занятиях по дисциплине «Пространственный анализ экологической информации» (раздел «Картографические методы представления и анализа экологической информации») студенты непосредственно работают с картографическими изображениями, атласами, электронными ресурсами, измерительными приборами и др., и выполняют различные измерения и вычисления по картам. Для качественного выполнения лабораторных заданий, а также усвоения знаний, умений и навыков важна предварительная самостоятельная работа студента (необходимо изучить теорию вопроса).

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо не только воспользоваться рекомендованной литературой, но и проявить самостоятельность в отыскании новых источников, методов, технических подходов, интересных фактов, статистических данных, связанных с темой лабораторного занятия.

Текущий контроль осуществляется в форме аудиторной защиты каждой из лабораторных работ, устного блиц-опроса и тестовых опросов по отдельным темам. Студент должен:

- знать все специальные термины, встречающиеся в работе;
- понимать принцип и методику выполненных расчетов;
- знать ключевые формулы;
- уметь объяснить методы отбора информации, способы построения картографического изображения, а также проанализировать полученное картографическое изображение.

При подготовке к защите лабораторной работы студент самостоятельно отвечает на контрольные вопросы, предлагаемые в конце каждой работы, дополнительно используя материалы лекций, специальную литературу и ресурсы сети Интернет.

Оценка знаний при текущем контроле проводится в соответствии с числом правильно выполненных заданий соответствующей лабораторной работы, правильных ответов на вопросы преподавателя при блиц-опросе и защите лабораторных работ.

Положительная оценка («зачтено») выставляется в зависимости от количества правильных ответов.

Градация оценок:

- «зачтено» – свыше 65 % правильных ответов,
- «не зачтено» – 65 % и менее правильных ответов.

Настоящее учебно-методическое пособие состоит из:

- введения,
- основного содержания, разбитого на отдельные лабораторные работы согласно тематическому плану,
- заключения,
- библиографического списка.

Введение содержит шифр и наименование направления подготовки (специальности), дисциплину учебного плана, для выполнения лабораторных работ по которой оно предназначено; цель и планируемые результаты выполнения лабораторных работ по изучаемой дисциплине; описание видов текущего контроля, последовательности его проведения, критерии и нормы оценки текущей аттестации, а также краткое описание структуры учебно-методического пособия.

Основное содержание учебно-методического пособия включает методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по изучаемой дисциплине в соответствии с тематическим планом лабораторных занятий. В каждой лабораторной работе изложены теоретические основы изучаемой темы, ключевые понятия и формулы, необходимые для успешного выполнения лабораторной работы, а также примеры вопросов, задаваемых при защите лабораторных работ.

## Лабораторная работа 1 – План и карта. Математическая основа экологического картографирования: масштабы

*Цель работы:* изучить общие понятия, связанных с изображением местности на планах и картах, с масштабами и их видами. Освоить перевод натуральных величин в масштабные и обратно, овладеть техникой использования поперечных масштабов при графическом изображении натуральных величин в масштабах, овладеть навыками измерения расстояний по карте, применяемого при пространственном анализе экологической информации, учитывая масштаб и рельеф местности.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Перевести именованный масштаб в численный.

Вариант 1: а) в 1 см 3 м; б) в 1 см 25 км.

Вариант 2: а) в 1 см 250 м; б) в 1 см 6 км.

Вариант 3: а) в 1 см 50 м; б) в 1 см 2 км.

Задание 2. Перевести численный масштаб в именованный.

Вариант 1: а) 1:50 000 000; б) 1:25 000.

Вариант 2: а) 1:10 000; б) 1:200 000.

Вариант 3: а) 1:50 000; б) 1:1 000 000.

Задание 3. Расстояние на местности составляет L. Найти величину изображения (в см) этого отрезка на плане заданного масштаба.

Вариант 1: Масштаб плана 1:2 000, расстояние на местности L составляет 142 м.

Вариант 2: Масштаб плана 1:2 500, расстояние на местности L составляет 265 м.

Вариант 3: Масштаб плана 1:5 000, расстояние на местности L составляет 520 м.

Задание 4. На карте какого масштаба расстояние на местности (L) изображается отрезком заданной длины (l)?

Вариант 1: Расстояние на местности L составляет 3,1 км, длина заданного отрезка на карте l – 6,2 см.

Вариант 2: Расстояние на местности L составляет 5,1 км, длина заданного отрезка на карте l – 3,4 см.

Вариант 3: Расстояние на местности L составляет 11,5 км, длина заданного отрезка на карте l – 4,6 см.

Задание 5. Определить по картам атласов [4, 5] расстояние в километрах между городами:

Вариант 1: а) Калининград и Санкт-Петербург; б) Тверь и Иваново; в) Париж и Мадрид.

Вариант 2: а) Калининград и Вильнюс; б) Курск и Пенза; в) Париж и Вена.

Вариант 3: а) Калининград и Варшава; б) Архангельск и Владимир; в) Париж и Амстердам.

*Задание 6.* Изучить основные масштабы общегеографических топографических и обзорно-топографических карт, применяемые в России и других странах, где принята метрическая система мер, и заполнить таблицу 1.

Таблица 1 – Масштабы общегеографических карт

Численный масштаб карты	Название карты	Отрезку какой длины на местности (в км) соответствует 1 см на карте	Какой площади на местности (в км <sup>2</sup> ) соответствует 1 см <sup>2</sup> на карте	Отрезку какой длины на карте (в см) соответствует 1 км на местности
1	2	3	4	5
1 : 5 000				
1 : 10 000				
1 : 25 000				
1 : 50 000				
1 : 100 000				
1 : 200 000				
1 : 300 000				
1 : 500 000				
1 : 1 000 000				

*Задание 7.* Научиться уверенно вычислять:

а) площади на местности, соответствующие 1 см<sup>2</sup> на карте;

б) отрезки на карте, соответствующие 1 км на местности.

Продемонстрировать полученный навык преподавателю в устной форме.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Общие понятия об изображении местности на планах и картах.*

*План и карта* – это уменьшенные изображения земной поверхности на плоскости. Различие между ними состоит в том, что при составлении карты проектирование производят с искажениями поверхности за счет влияния кривизны Земли, на плане изображение получают практически без искажений (таблица 2).

Таблица 2 – Черты сходства и различия плана и карты

Признак	План	Карта
Определение	Чертеж небольшого участка местности в крупном масштабе в условных знаках	Уменьшенное обобщенное изображение поверхности Земли на плоскости, построенное в той или иной картографической проекции и масштабе
Генерализация *	Наносятся все объекты и детали местности в заданном масштабе	Отбираются в зависимости от содержания и назначения карт самые существенные объекты и свойства
Охват территории	Небольшие участки земной поверхности	Гораздо бóльшие территории
Масштаб	Крупные масштабы (1:10 000 и крупнее)	Более мелкие масштабы, чем на планах
Материалы, используемые при построении	Планы составляются непосредственно на местности (по результатам геодезической съемки) или по аэрофотоснимкам	Используются разнообразные материалы в зависимости от содержания карты, в т. ч. космические снимки, статистические материалы, результаты научных исследований
Кривизна земной поверхности	Не учитывается кривизна земной поверхности из-за ничтожно малой величины; допускается, что изображаемые участки плоские	Обязательно учитывается шарообразность Земли, поэтому неизбежны искажения объектов
Картографическая сетка	Отсутствует	Присутствует обязательно
Ориентация по сторонам горизонта	Направлением на север считается вверх, на юг – вниз, на запад – слева, на восток – справа	Направление север-юг определяют меридианы, запад-восток – параллели
<p>Примечание: * <i>Генерализация</i> – отбор и обобщение изображаемых на карте объектов соответственно ее назначению и масштабам, а также особенностям картографируемой области.</p>		

## 2. Масштабы карт.

Масштаб определяет степень уменьшения длин при переходе от природы к изображению.

Масштаб является важнейшей характеристикой карты. При прочих равных условиях от него зависят:

- полнота и подробность картографического изображения;
- возможная точность измерений;
- общий размер изображения конкретной территории.

Сопоставление карт разных масштабов на одну и ту же территорию облегчается при простых (кратных) соотношениях масштабов.

Масштаб характеризуется отношением длины линии на изображении к длине соответствующей линии на местности, точнее к длине горизонтальной проекций линии на поверхности эллипсоида.

Это уточнение требует введения двух поправок:

- на проектирование линии в горизонтальное положение;
- на приведение к поверхности эллипсоида.

Поверхность эллипсоида нельзя развернуть на плоскости подобно поверхности конуса или цилиндра. Поэтому непрерывность изображения на картах достигается как бы за счет неравномерного растяжения или сжатия, т.е. деформации поверхности земного эллипсоида при совмещении ее с плоскостью.

В результате масштаб плоского изображения не может быть постоянным. Строго говоря, масштаб постоянен только на планах, охватывающих небольшие участки территории.

На карте масштаб различен в разных ее точках и изменяется, за исключением равноугольных проекций, в зависимости от направления, что связано с переходом от сферической поверхности к плоскому изображению.

Таким образом, на картах различают масштабы:

- главный или общий, т.е. отношение отрезка на эллипсоиде к соответствующему земному отрезку;
- частный масштаб, т.е. отношение отрезка на карте к соответствующему земному отрезку.

Частный масштаб может быть больше или меньше главного. В общем случае, чем мельче масштаб изображения и чем обширнее территория, тем сильнее сказываются различия между главным и частным масштабами.

*4. Общие понятия о видах масштабов и измерение на планах и картах длин отрезков линий с помощью масштабов.*

Для измерения расстояний по планам и картам служит *масштаб* – пропорция, которая показывает степень уменьшения длины линии на плане, карте или глобусе по сравнению с действительным расстоянием на местности. Масштабы бывают численные, именованные и графические (линейные и поперечные).

*Численный масштаб* выражается дробью, у которой в числителе единица, а в знаменателе – число  $m$ , показывающее, во сколько раз уменьшены линейные

размеры объектов (расстояния) по сравнению с их истинными размерами (соответствующими расстояниями) на местности, т. е. степень уменьшения. В общем виде численный масштаб имеет вид:  $M = 1:m$ . Например, масштаб 1:100 000 означает, что на карте длина уменьшена в 100 000 раз по сравнению с местностью.

Числитель и знаменатель даются в одинаковых единицах измерения (сантиметрах). Очевидно, что чем больше знаменатель, тем меньше (мельче) изображение объектов на карте, т. е. мельче масштаб. Если на плане масштаба 1:5 000 линия  $ab = 4,7$  см, то на местности соответствующий отрезок АВ будет равен произведению знаменателя численного масштаба на длину линии на плане:  $AB = 5\,000 \times 4,7$  (см) = 23 500 (см) = 235 (м).

Численный масштаб обычно сопровождают пояснением, указывающим соотношение длин линий на карте и на местности. Например, при численном масштабе 1:100 000 отрезок длиной 1 см на карте соответствует на местности 100 000 см, т. е. 1 км. Это *именованный масштаб* – масштаб длин, выраженный именованными числами, обозначающими длины взаимно соответствующих отрезков на карте и на местности. Именованный масштаб указывают на всех картах. Если на карте, именованный масштаб которой «в 1 см 5 км» (т. е. ее численный масштаб 1:500 000) линия  $ab = 4,7$  см, то на местности соответствующий отрезок АВ будет равен произведению величины именованного масштаба на длину линии на плане:  $AB = 5 \times 4,7$  (км) = 23,5 (км).

*Графические масштабы (линейный и поперечный)* являются более простыми, не требующими вычислений, и представляют собой масштабы длин в виде графиков, предназначенных для перевода длин отрезков, измеренных на карте, в соответствующие расстояния на местности, т.е. служат для непосредственного (без дополнительных вычислений) определения расстояний по картам и планам.

*Линейный масштаб* – это помещаемый внизу карты график в виде масштабной линейки, разделенной на равные части (обычно на сантиметры): справа от нуля у каждого деления линейки подписано истинное расстояние на местности, соответствующее каждому делению. Слева от нуля 1 см линейки разбивают на меньшие деления, например, на миллиметры, для получения более точных результатов.

При использовании линейного масштаба измеряют расстояние по карте циркулем-измерителем, переносят это расстояние раствором циркуля-измерителя на масштабную линейку таким образом, чтобы правая ножка (игла) измерителя касалась одного из концов оснований, а другая находилась в левой части масштаба, разделенной на короткие отрезки, и без дополнительных расчетов получают искомое расстояние (рисунок 1).

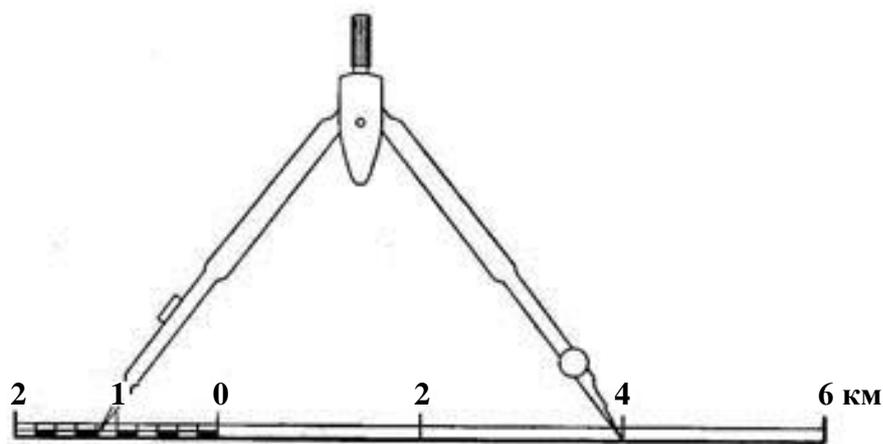


Рисунок 1 – Линейный масштаб 1:200 000 и положение циркуля-измерителя на линейном масштабе при измерении длин отрезков

Например, на рисунке 1 изображен линейный масштаб 1:200 000 (т. е. в 1 см карты содержится 2 км = 2 000 м на местности). Отрезок, отходящий влево от нуля, разделен на 10 частей, каждая из них соответствует 200 м ( $2 \text{ км} : 10 = 0,2 \text{ км} = 200 \text{ м}$ ). Циркуль-измеритель ставят так, чтобы его правая ножка совпала с каким-либо целым штрихом справа от нулевого штриха (в нашем примере – 4 км), а по левой ножке отсчитывают количество малых делений левого основания (шесть делений, соответствующие 1,2 км). Сложив отрезки вправо и влево от нуля, получим 5,2 км.

Недостаток линейных масштабов заключается в том, что доли наименьших делений на них оцениваются на глаз. Чтобы избежать этого и тем самым повысить точность измерений на планах и картах, применяют поперечный масштаб. *Поперечный масштаб* – это графический масштаб, который применяют для измерений и построений повышенной точности (до 0,1 мм).

Поперечным масштабом пользуются следующим образом: откладывают на нижней линии поперечного масштаба расстояние, измеренное на карте или плане, так, чтобы правая ножка циркуля-измерителя оказалась на целом делении (в нашем примере – 400 м), а левая заходила за 0. Если левая ножка попадает между десятками делениями левого отрезка, то поднимают обе ножки измерителя вверх до тех пор, пока левая ножка не попадет на пересечение какой-либо горизонтальной линии и какой-либо *трансверсали* (наклонные линии в левом от нуля прямоугольнике поперечного масштаба). При этом обе ножки измерителя должны находиться на одной и той же горизонтальной линии (рисунок 2).

Например, на рисунке 2 изображен поперечный масштаб, соответствующий численному масштабу 1:10 000. Основание масштаба (2 см) соответствует 200 м на местности, десятая его часть – 20 м (каждое из 10 малых делений крайнего левого нижнего основания), сотая – 2 м (каждое из 10 малых делений

вертикального основания). Правую ножку циркуля-измерителя совмещают с каким-либо целым делением справа от нуля (в нашем примере – 400 м), а левая при этом оказалась между четвертым и пятым малыми делениями слева от нуля, которые соответствуют 80 м и 100 м. Затем измеритель поднимают вверх. Перемещение измерителя на одно деление вверх соответствует изменению длины линии на 0,02 см в масштабе плана или карты (в нашем примере – 2 м). На уровне шестого вертикального деления левая ножка совпадает с пересечением трансверсали и горизонтальной линии (6 делений  $\times$  2 м = 12 м), т. е. измеренное расстояние на местности составляет  $400 + 80 + 12 = 492$  м.

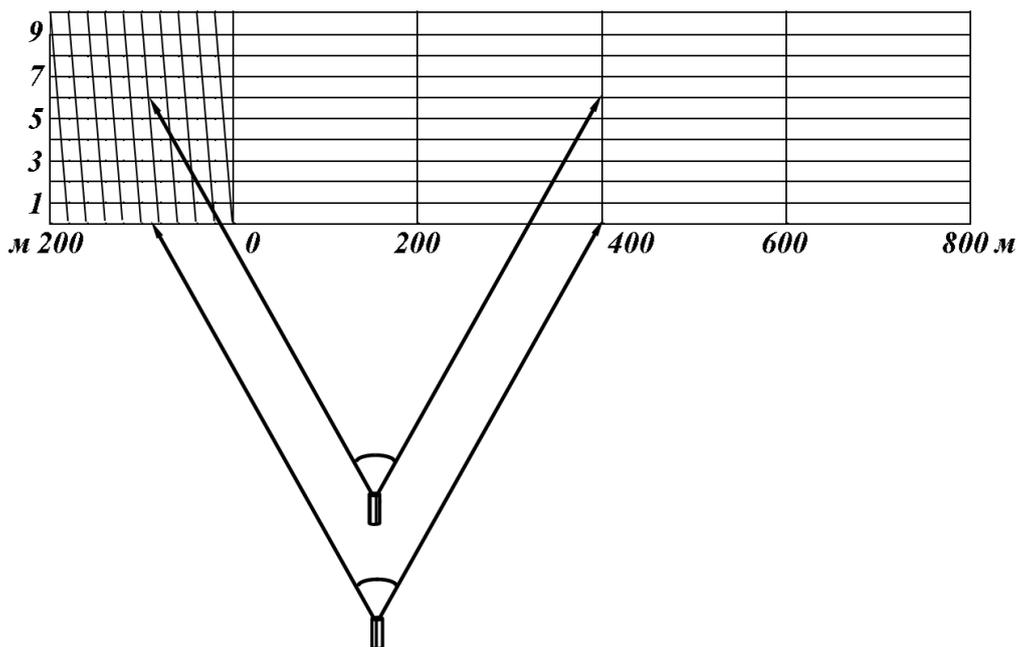


Рисунок 2 – Поперечный масштаб и положение циркуля-измерителя на поперечном масштабе при измерении длин отрезков

При измерении расстояний по карте неизбежны ошибки, которые зависят от масштаба и проекции карты. Чем крупнее масштаб карты, тем точнее измеренные расстояния.

*Контрольные вопросы:*

1. Чем план отличается от карты?
2. Что понимают под генерализацией?
3. Можно ли использовать план местности для определения географических координат?
4. Что такое масштаб? Назовите виды масштабов, перечислите масштабы топографических карт.
5. Дать определение линейного масштаба.

6. Какой масштаб крупнее: 1:50 000 или 1:50 000 000?
7. На карте какого масштаба территория уменьшена в большее количество раз – 1:50 000 или 1:100 000? Почему?
8. Как масштаб карты влияет на подробность изображения на ней местных предметов?
9. Дайте определение главного и частного масштабов.
10. Как определить расстояние по карте или плану с помощью масштаба?
11. Какой площади на местности (в гектарах) масштаб соответствует 1 см<sup>2</sup> на карте масштаба пятидесятитысячная?

## **Лабораторная работа 2 – Математическая основа картографирования: картографическая сетка, географические координаты**

*Цель работы:* актуализировать представление о линиях картографической сетки – параллелях и меридианах. Сформировать умение пользоваться картой для определения направления и координат точек.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Определить по картам атласов [4, 5], какие из объектов имеют следующие географические координаты.

Вариант 1: а) 0° 41' ю. ш., 78° 26' з. д.; б) 48° 50' с. ш., 2° 20' в. д.

Вариант 2: а) 17° 55' ю. ш., 25° 51' в. д.; б) 10° 29' с. ш., 66° 53' з. д.

Вариант 3: а) 4° 05' ю. ш., 137° 11' в. д.; б) 69° 19' с. ш., 88° 13' в. д.

Задание 2. Определить по картам атласов [4, 5] географические координаты городов (с точностью до минуты).

Вариант 1: а) Дели; б) Сантьяго-де-Чили.

Вариант 2: а) Вашингтон; б) Новосибирск.

Вариант 3: а) Монреаль; б) Нджамена.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Общие понятия о географической и картографической сетках на глобусах и географических картах и ее основных элементах.*

Систему меридианов и параллелей на земном эллипсоиде или шаре и на глобусе называют *географической сеткой*. Ее изображение на географических картах – *картографическая сетка* – служит для отсчета *географических координат* точек земной поверхности – *широты и долготы* (рисунок 3).

Построение географической сетки возможно потому, что шарообразная Земля вращается вокруг оси, обуславливая существование двух неподвижных точек – полюсов, которые и являются точками отсчета.

*Географические полюса* – Северный и Южный – точки пересечения воображаемой оси вращения Земли с земной поверхностью. На полюсах нет сторон горизонта.

*Экватор* (лат. aequator – уравниватель) – линия пересечения земного шара плоскостью, проходящей через центр Земли (точка С на рисунке 3) перпендикулярно оси ее вращения. Экватор делит земной шар на два полушария: северное и южное. Его длина около 40 075,7 км.

*Параллели* (греч. parallelos – идущие рядом) – линии сечения поверхности земного шара плоскостями, параллельными плоскости экватора, т. е. это линии на поверхности Земли, проведенные параллельно экватору (например, линия, содержащая точки А и М на рисунке 3). Длина параллелей уменьшается от экватора к полюсам.

*Меридианы* (лат. meridianus – полуденный) – линии сечения земной поверхности плоскостями, проходящими через ось вращения Земли и соответственно через оба ее полюса (например, линия, содержащая точки В и М на рисунке 3). Полная длина земного меридиана 40 008,6 км. Длина 1° меридиана в среднем 111,1 км. Из-за сплюснутости Земли она больше у полюсов (111,7 км) и меньше у экватора (110,6 км). Направление меридиана определяется в полдень по самой короткой тени вертикальных предметов.

## *2. Географические координаты.*

Картографическая сетка позволяет определить местоположение любой точки на земной поверхности с помощью географических координат – широты ( $\varphi$ ) и долготы ( $\lambda$ ).

*Географическая широта* ( $\varphi$ ) – угол между плоскостью экватора и отвесной линией в данной точке (например, линия МС на рисунке 3), т. е. это угловое расстояние точки от экватора (например, дуга ВМ на рисунке 3, длина которой в градусах соответствует величине угла  $\varphi$ ). Географическая широта изменяется от 0° (экватор) до 90° (полюса). Различают широту северную (параллели, которые находятся севернее экватора) и южную (параллели, которые лежат южнее экватора). Все точки, лежащие на одной параллели, имеют одинаковую широту (например, точки А и М на рисунке 3).

При этом поверхность земного шара, расположенную приблизительно между 40° с. ш. и 40° ю. ш., условно называют низкими широтами, а приполярные области, ограниченные примерно 65° с. ш. и 65° ю. ш., – высокими. На глобусе параллели подписывают на меридианах 0° и 180°, на картах – на боковых рамках.

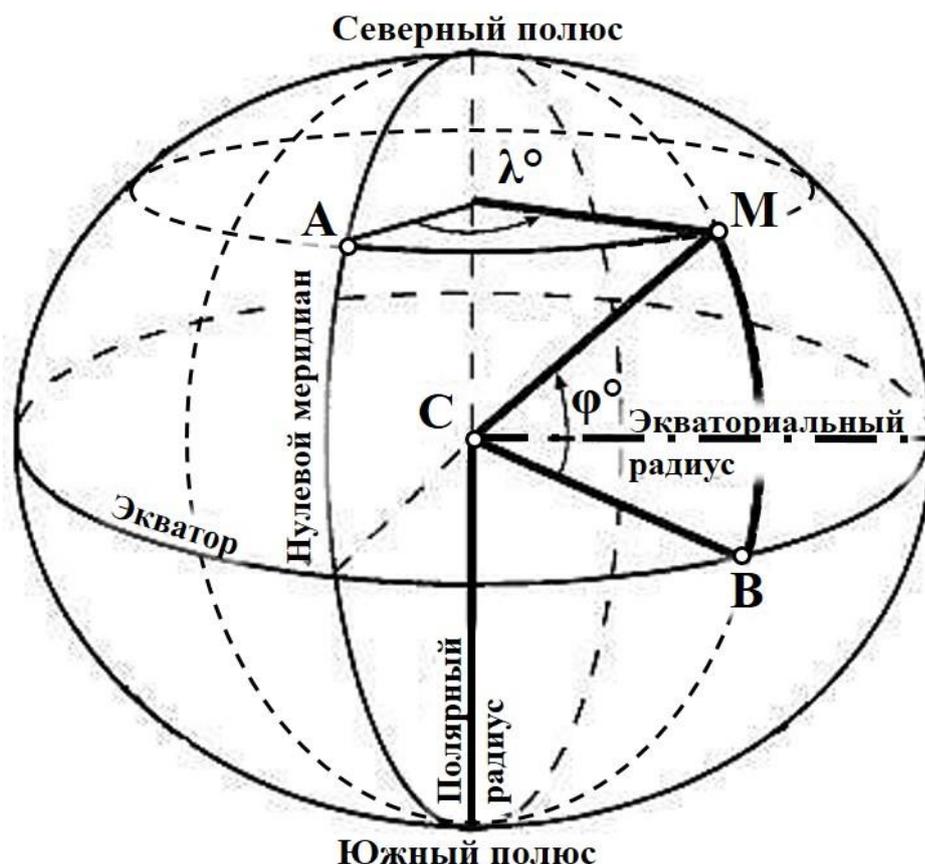


Рисунок 3 – Элементы картографической сетки и географические координаты:  $\varphi^\circ$  – географическая широта точки М,  $\lambda^\circ$  – географическая долгота точки М, С – центр земного шара

*Географическая долгота ( $\lambda$ )* – двугранный угол, образованный плоскостью нулевого (начального) меридиана и плоскостью меридиана, проходящего через данную точку, т. е. это угловое расстояние точки от начального меридиана (например, дуга АМ на рисунке 3, длина которой в градусах соответствует величине угла  $\lambda$ ). Долгота изменяется от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . К востоку от нулевого меридиана – долгота восточная, к западу – западная. Дополнительно на верхней и нижней рамках карты помещают надпись: «К западу от Гринвича» и/или «К востоку от Гринвича».

За *начальный (нулевой) меридиан* по международному соглашению в 1884 г. был принят меридиан, проходящий через прежнее место расположения Гринвичской астрономической обсерватории в пригороде Лондона (Гринвичская обсерватория основана в 1675 г. в предместье Лондона Гринвиче для определения времени и вычисления координат звезд, Солнца и Луны, нужных для мореплавания. Но близость Лондона мешала наблюдениям, и в 50-х гг. XX в. обсерватория была переведена в замок Хёрстмонсо – на 70 км к юго-востоку. Однако начальный Гринвичский меридиан сохранил свое положение. Прежде в качестве начальных служили в разное время меридианы острова Иерро – само-

го западного из Канарских островов, Парижской и Берлинской обсерваторий и др. В России в XIX в. счет долгот велся от меридиана Пулковской обсерватории). Все точки, лежащие на одном меридиане, имеют одинаковую долготу (например, точки В и М на рисунке 3). На глобусе и карте полушарий меридианы подписывают на экваторе, на других картах – на верхней и нижней рамках.

Значение географических координат измеряется в градусах ( $^{\circ}$ ), минутах ( $'$ ) и секундах ( $''$ ):  $1^{\circ} = 60'$  и  $1' = 60''$ . Градусом географической широты является  $1/180$  часть меридиана. Градусом географической долготы является  $1/360$  часть экватора.

### *3. Определение географических координат объекта по карте или глобусу.*

*Определение географических координат объекта по карте* производится по ближайшим к нему параллелям и меридианам, широта и долгота которых известна. Для этого сначала надо определить, между какими параллелями и меридианами находится объект. Затем в интересующем районе карты соединяют прямыми линиями ближайшие к объекту одноименные минутные деления внутренней рамки по широте к югу от объекта, если он располагается в северном полушарии (к северу, если объект в южном полушарии) и по долготу к западу от объекта, если он располагается в восточном полушарии (к востоку, если объект в западном полушарии). Далее определяют размеры отрезков по широте и долготу от прочерченных линий до положения точки и суммируют их соответственно с широтой и долготой прочерченных линий (параллели и меридиана). Отсчет широты и долготы производится по сетке от известных значений координат, указанных у выбранных параллелей и меридианов с добавлением к ним десятков и единиц минут, полученных интерполяцией.

Например, чтобы определить географические координаты столицы Сербии – г. Белграда, который расположен в Центральной Европе, т. е. в северном полушарии, к востоку от нулевого меридиана, следует сначала выяснить по карте, между какими параллелями и меридианами он находится: между параллелями 44 и 46 градусов северной широты и между меридианами 20 и 22 градуса восточной долготы (рисунок 4). Интервал как между 44 и 46 параллелями, так и между 20 и 22 меридианами составляет два градуса (широты и долготы соответственно). На данной карте указанные интервалы на сторонах внутренней рамки разделены каждый на четыре отрезка. Это означает, что каждый отрезок соответствует 30 минутам широты или долготы ( $2^{\circ} : 4 = 30'$ ). Далее соединяют ближайшие к Белграду одноименные минутные деления –  $44^{\circ} 30'$  с. ш. (город лежит севернее этой линии, т. е. его широта больше) и  $20^{\circ} 30'$  в. д. (город лежит чуть западнее этой линии, т. е. его долгота немного меньше) – в нашем примере пунктирные линии. Затем оценивают в минутах расстояние от объекта (меридиан и параллель, на которых расположен Белград, проведены сплошными линиями до пересечения с внутренней рамкой карты) до проведен-

ных пунктирных линий с известными координатами, сопоставив их линейные размеры с 30-минутными отрезками на сторонах рамки. Величину отрезка между параллелями на рисунке 4 оценивается в 19', а между меридианами – в 2'. Соответственно получают искомые географические координаты г. Белграда (широту как  $44^\circ 30' + 19'$  и долготу как  $20^\circ 30' - 2'$ ):  $44^\circ 49'$  с. ш.,  $20^\circ 28'$  в. д.

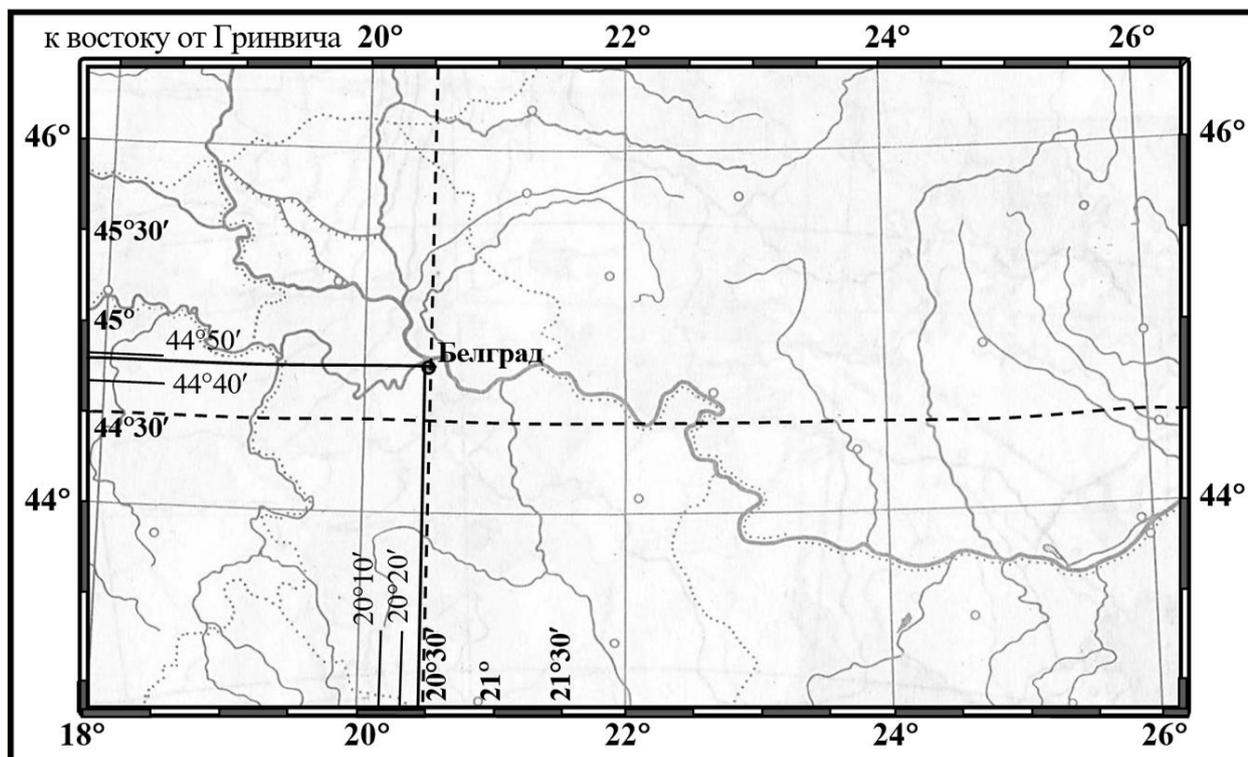


Рисунок 4 – Определение по карте географических координат г. Белграда

Кроме того, географические координаты любого объекта можно определить методом интерполяции между нанесенными на карте параллелями и меридианами (рисунок 5).

Например, чтобы определить широту пункта М, необходимо по карте как можно точнее измерить длину отрезков CD и CM. Пусть  $CD = 43$  мм и  $CM = 24$  мм. Отрезку CD на карте соответствует расстояние  $46^\circ - 44^\circ = 2^\circ = 120'$  широты, отрезку CM –  $x$  минут широты. Тогда  $x = (CM \times 120) / CD$ . Подставив значения длин отрезков CD и CM в миллиметрах и решив простое уравнение с одним неизвестным, определяют количество минут, соответствующее отрезку CM:  $x = (24 \times 120) / 43 \approx 67' = 1^\circ 07'$ . Затем эту величину прибавляют к известному значению широты точки C –  $44^\circ$  с. ш. и получают широту точки М, которая составит  $45^\circ 07'$  с. ш. Вместо расстояния CM можно измерить расстояние DM, но в этом случае для определения широты полученную величину вычитают из 46 (широта точки D).

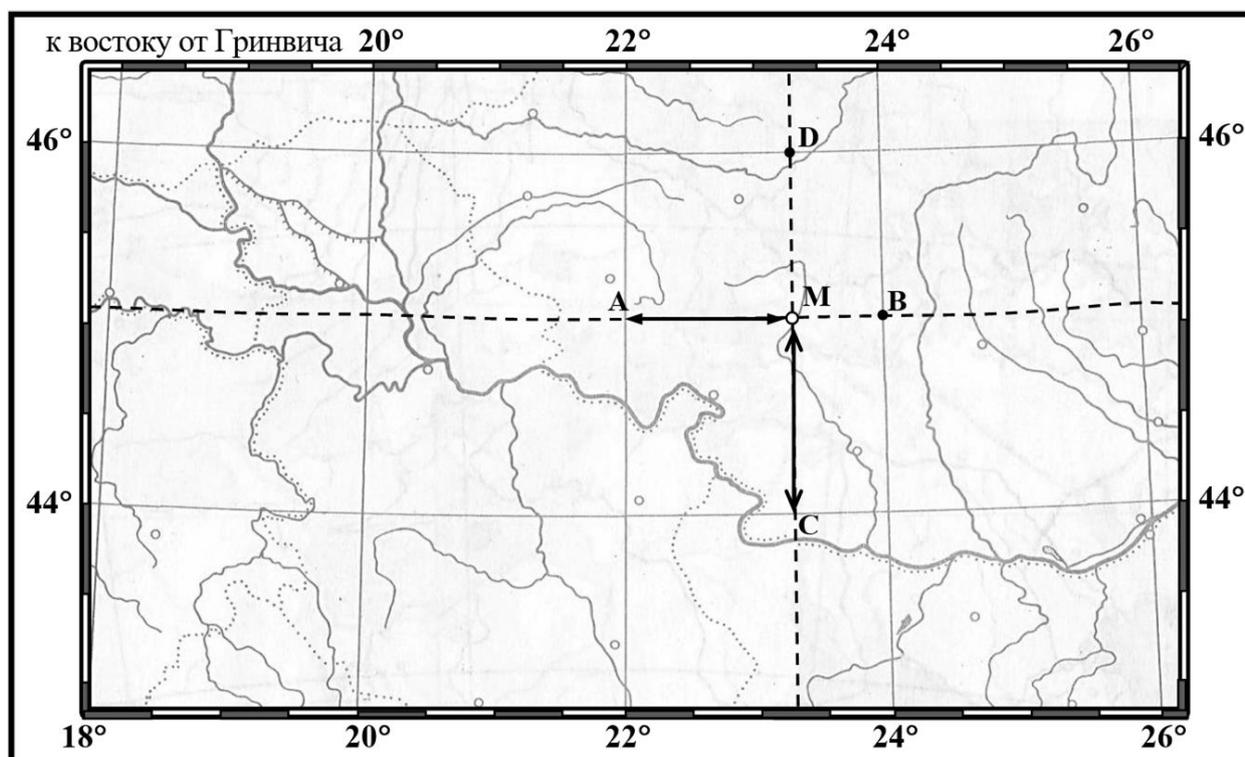


Рисунок 5 – Определение по карте географических координат объекта М

Аналогично методом интерполяции находят и долготу точки М. Для этого измеряют длину отрезков АВ и АМ. Пусть  $AB = 31$  мм и  $AM = 20$  мм. Отрезку АВ на карте соответствует расстояние  $24^\circ - 22^\circ = 2^\circ = 120'$  долготы, отрезку АВ –  $y$  минут долготы. Тогда  $y = (AM \times 120) : AB$ . Подставив значения длин отрезков АВ и АМ в миллиметрах, определяют количество минут, соответствующее отрезку СМ:  $y = (20 \times 120) : 31 \approx 77' = 1^\circ 17'$ . Затем эту величину прибавляют к известному значению долготы точки А –  $22^\circ$  в. д. и получают долготу точки М, которая составит  $23^\circ 17'$  в. д. Вместо расстояния АМ можно измерить расстояние ВМ, но в этом случае для определения широты полученную величину надо вычесть из 24 (широта точки В).

*4. Нанесение объекта на карту по заданным географическим координатам.*

Для нанесения объекта на карту по заданным географическим координатам сначала надо понять, в каких полушариях находится данный объект. Затем на западной и восточной сторонах рамки карты отмечают черточками отсчеты, соответствующие широте объекта. Отсчет широты начинают от ближайшей к югу от объекта параллели, если он располагается в северном полушарии (к северу, если объект в южном полушарии), и продолжают по минутным делениям боковой внутренней рамки. Затем через эти черточки проводят линию – параллель объекта. Таким же образом находят положение меридиана объекта, но его долготу отсчитывают по верхней и нижней сторонам рамки карты от ближайшего к западу от объекта меридиана, если он располагается в восточном

полушарии (к востоку, если объект в западном полушарии). Пересечение полученных параллели и меридиана укажет положение данного объекта на карте.

Например, на карту необходимо нанести город Тимишоара в Румынии, точные географические координаты которого  $45^{\circ} 46'$  с. ш.,  $21^{\circ} 14'$  в. д., т. е. искомый пункт расположен в северном полушарии, к востоку от нулевого меридиана. Сначала на западной и восточной рамках карты отмечают штрихами отсчеты, соответствующие широте заданного объекта, предварительно определив величину минутных делений рамки ( $2^{\circ} : 4 = 30'$ ), и через эти штрихи проводят параллель, на которой лежит город (рисунок 6).

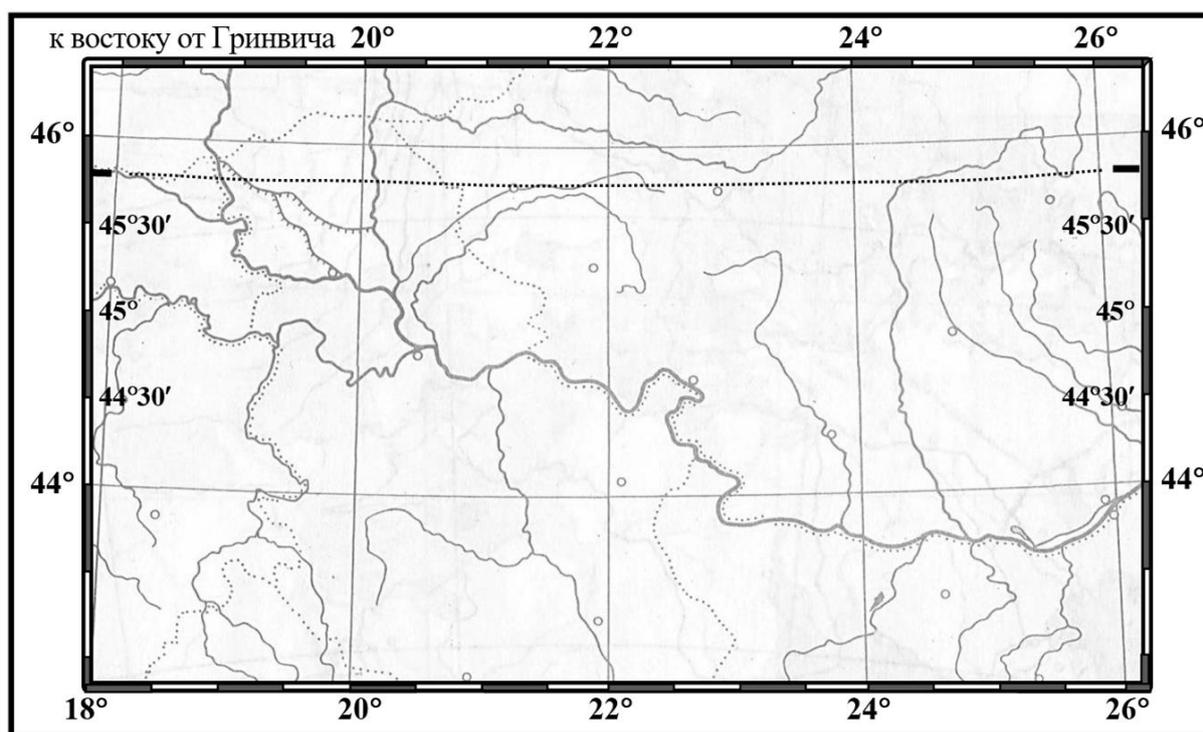


Рисунок 6 – Нанесение объекта на карту по известным географическим координатам: шаг 1 (определение широты)

Затем таким же образом находят положение меридиана города Тимишоара, при этом долготу отсчитывают по верхней и нижней сторонам рамки карты (рисунок 7). Пересечение полученных параллели и меридиана укажет положение искомого города на карте (рисунок 8).

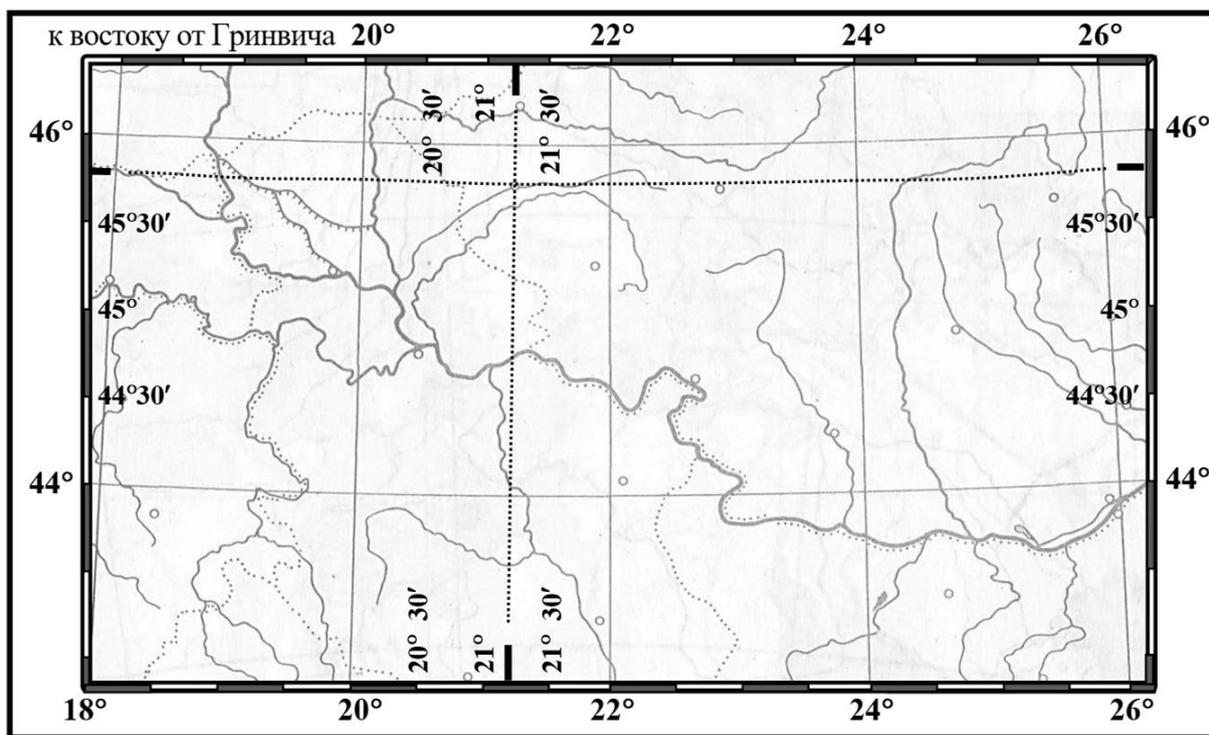


Рисунок 7 – Нанесение объекта на карту по известным географическим координатам: шаг 2 (определение долготы)

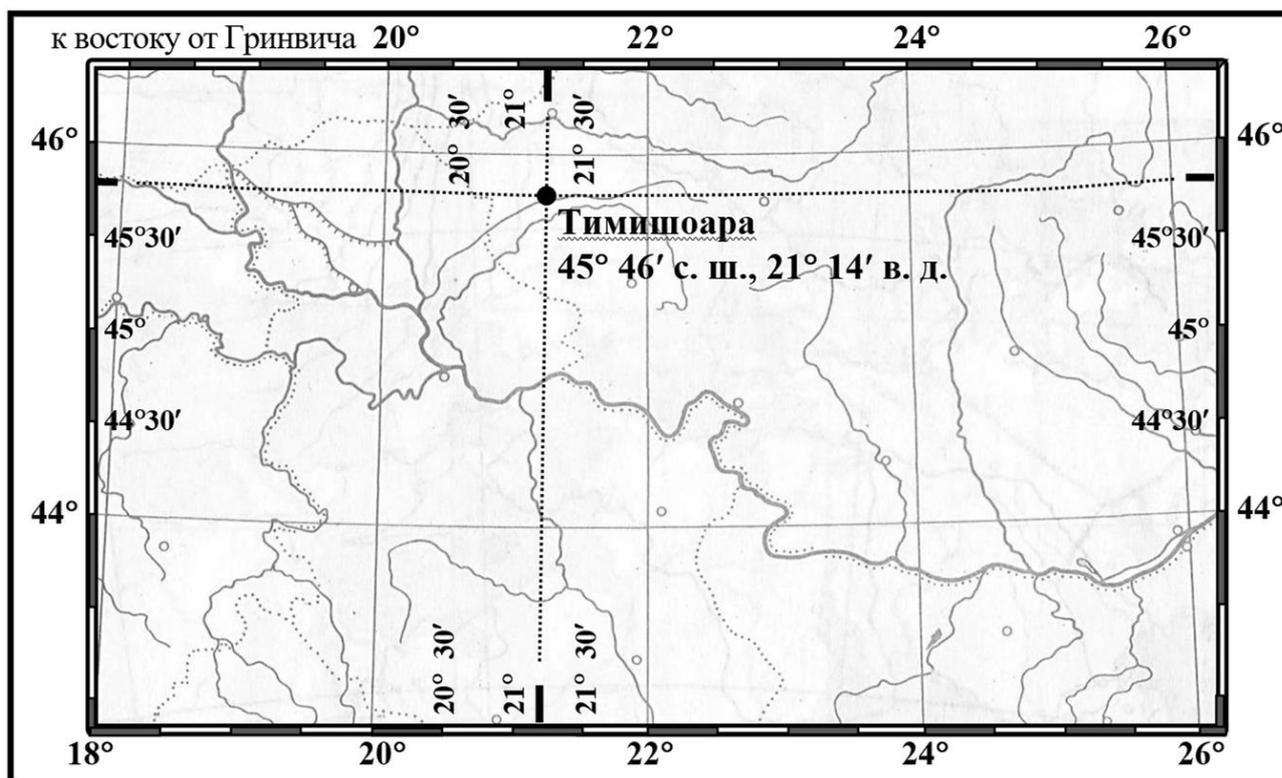


Рисунок 8 – Нанесение объекта на карту по известным географическим координатам: шаг 3 (окончательное уточнение положения объекта)

Точность определения географических координат по карте зависит от точности измерений, которые, в свою очередь, определяются подробностью

карты, т. е. ее масштабом. Источниками ошибок измерений являются также помятость и деформация бумаги. Поэтому для определения географическим координат объекта или для нанесения объекта по известным географическим координатам необходимо выбирать возможно более крупномасштабные карты, стараясь при этом, чтобы рассматриваемый объект находился в центре карты, но не на месте склейки листов.

Контрольные вопросы:

1. Что в себя включает картографическая сетка на картах?
2. Дать определение следующих понятий: экватор, параллель, меридиан.
3. Есть ли на Земле хоть один материк, который пересекают все меридианы?
4. Что такое географические координаты? Какова методика их определения?
5. Что такое географическая широта и долгота?
6. Что понимают под начальным меридианом?
7. Как определить положение объекта на карте, зная его географические координаты?
8. Можно ли узнать, что расположено южнее: южная точка Африки – мыс Игольный или южная точка Австралии – мыс Юго-Восточный, не определяя их географические координаты?
9. Имеются ли на Земле точки, для определения географического положения которых достаточно только одной координаты?

**Лабораторная работа 3 – Математическая основа картографирования:  
разграфка и компоновка карт**

*Цель работы:* познакомиться с понятиями разграфки и компоновки карт, изучить номенклатуру топографических и обзорно-топографических карт, используемых для пространственного анализа экологической информации; научиться определять площади анализируемых областей Земли при помощи картографической сетки.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Используя рисунок 9, определить номенклатуру листов карты России масштаба 1:1 000 000, на которых изображены:

Вариант 1: а) г. Калининград; б) г. Тверь; в) оз. Байкал; г) г. Анадырь.

Вариант 2: а) г. Москва; б) г. Курск; в) г. Новосибирск; г) оз. Ханка.

Вариант 3: а) г. Владивосток; б) г. Архангельск; в) г. Челябинск; г) оз. Селигер.

Вариант 4: а) г. Санкт-Петербург; б) г. Екатеринбург; в) г. Иркутск; г) вдхр. Рыбинское.

Вариант 5: а) г. Петрозаводск; б) г. Пенза; в) г. Омск; г) оз. Телецкое.

Вариант 6: а) г. Благовещенск; б) г. Владимир; в) г. Охотск; г) оз. Ладожское.

Задание 2. Используя рисунки 9-10, определить географические координаты центральных точек листов карты России разного масштаба, зная их номенклатуру:

Вариант 1: а) L-37; б) M-52-Г; в) S-58-16; г) N-36-XXXIV.

Вариант 2: а) O-41; б) P-52-B; в) N-36-47; г) M-52-XXVII.

Вариант 3: а) S-58; б) L-37-Б; в) M-52-73; г) P-52-XXI.

Вариант 4: а) N-36; б) O-41-A; в) P-52-114; г) L-37-XVI.

Вариант 5: а) M-52; б) S-58-Г; в) L-37-135; г) O-41-IX.

Вариант 6: а) P-52; б) N-36-Б; в) O-41-91; г) S-58-V.

Задание 3. При помощи картографической сетки и таблицы «Длины дуг параллелей и меридианов в км и площади полей, заключенных между параллелями и меридианами в кв. км» [1] определить площадь (в км<sup>2</sup>) и величину погрешностью (не может превышать 2%):

Вариант 1: США (с Аляской, без островов).

Вариант 2: Канада (с островами).

Вариант 3: Бразилия.

Вариант 4: Китай.

Вариант 5: Россия.

Вариант 6: Африка (без островов).

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Разграфка и компоновка карты.*

Карты больших размеров готовятся на многих листах. Разделение многолистной карты на отдельные листы по определенной системе называется *разграфкой карты*. При этом *нарезка карт* (например, морских карт, карт в атласе) осуществляется по границам карты, определяемым ее внутренней рамкой.

Чаще всего применяют два вида разграфки:

1) прямоугольную, при которой листы карты ограничивают прямоугольными (или квадратными) рамками выбранного размера;

2) трапециевидную (или градусную), которая в качестве рамок каждого листа использует линии меридианов и параллелей.

Прямоугольная разграфка позволяет делать единый (одинаковый) формат листов, что удобно при печатании, и дает возможность экономично использовать стандартные размеры бумаги, особенно при изготовлении карт географических атласов, но при этом для нее характерна дезориентация линий меридианов и параллелей относительно рамок листов, усиливающаяся по мере удаления от осевого меридиана. Прямоугольная разграфка обычно используется для многолистных карт, подлежащих склейке или брошюровке.

Трапециевидная разграфка допускает возможность независимого построения отдельных листов и симметричное расположение меридианов и параллелей относительно среднего меридиана листа, но с ней связано различие в размерах отдельных листов. Вследствие сближения меридианов с возрастанием географической широты ширина листов в этом направлении прогрессивно уменьшается. Трапециевидная разграфка применяется для многих государственных многолистных карт, например, она положена в основу серии государственных топографических карт в России.

Расположение рамки карты относительно изображаемой на карте области и размещение внутри рамок и на полях карты ее названия, легенды и, если требуется, дополнительных карт и других данных (графиков, врезок и т.д.) называют *компоновкой карты*.

Подобрать хорошую компоновку часто бывает непросто, т.к. при ее разработке необходимо учитывать проекцию карты, конфигурацию изображаемой территории (акватории), ее ориентировку внутри рамки, необходимость показа соседних территорий, размер легенды и размещение дополнительных данных, технические условия и эстетические моменты.

Компоновка считается удачной, если все элементы карты размещены целесообразно, достаточно компактно, но не скученно, ими удобно пользоваться, т.е. пространство карты рационально организовано, и изображение зрительно уравновешено.

## *2. Номенклатура листов карты.*

С разграфкой непосредственно связана номенклатура – определенная система обозначения отдельных листов в многолистных сериях карт. В основу номенклатуры положена международная разграфка листов карты масштаба 1:1 000 000. При этом широтные пояса обозначают заглавными буквами латинского алфавита от А до Z по направлению от экватора к полюсам, а числа от 1 до 60 – меридианные колонны (восточное полушарие – от 31 до 60 включительно) (рисунок 9).

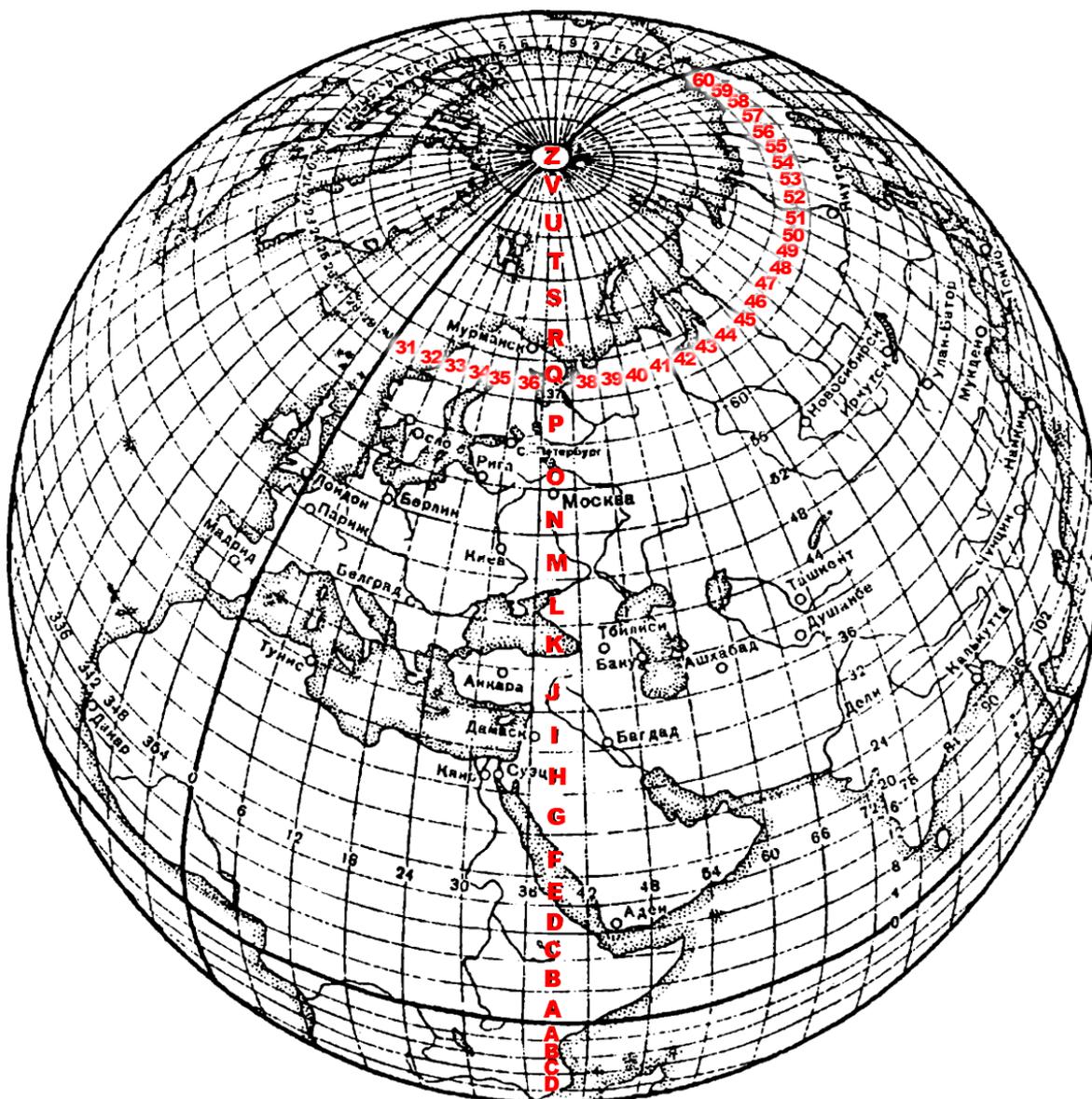


Рисунок 9 – Схема разграфки и номенклатуры карт масштаба 1:1 000 000

Для топографических и обзорно-топографических карт России установлена единая государственная система номенклатуры, которая начинается с миллионной карты. Любой лист карты масштаба 1:1 000 000 представляет собой трапецию, которая ограничена меридианами и параллелями, проведенными соответственно через 6 и 4°. Разграфку карт более крупных масштабов получают, деля лист миллионной карты на части.

В одном листе миллионной карты содержится 4 листа карты масштаба 1:500.000, которые получают обозначают прописными буквами А, Б, В, Г. Для карт масштаба 1:200 000 лист карты масштаба 1:1 000 000 делят на 36 листов, нумеруя их римскими цифрами I, II, ... , XXXVI (рисунок 10).

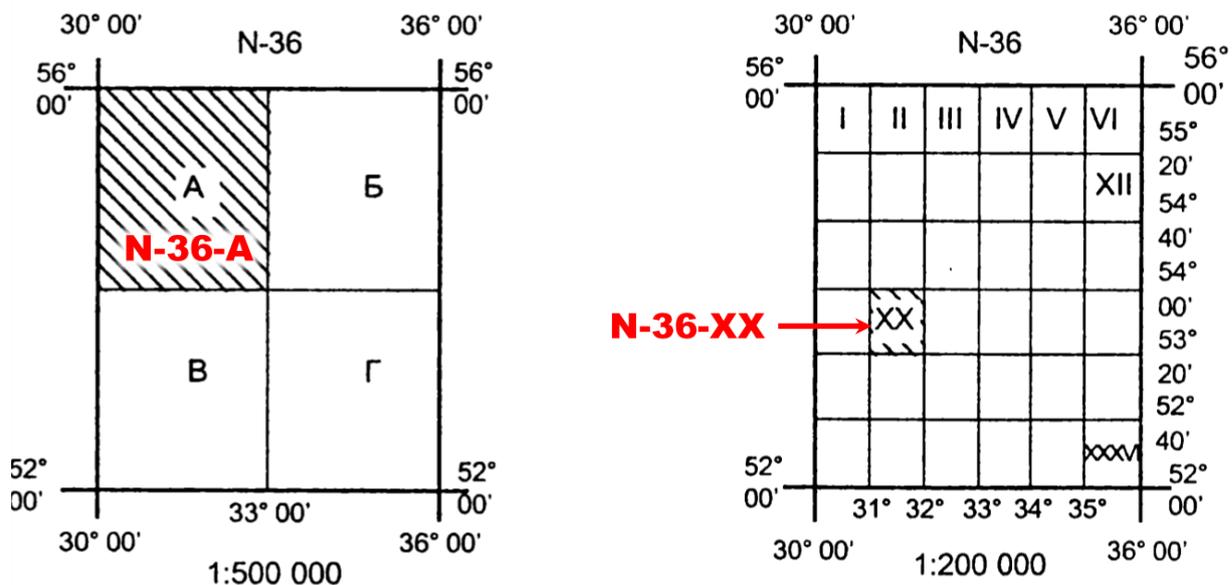


Рисунок 10 – Пример разграфки листа N-36 на листы карт масштабов 1:500 000 и 1:200 000 (по Берлянту, 2002)

Для карт масштаба 1:100 000, разделив лист карты масштаба 1:1 000 000 по широте и долготу на 12 частей, получают границы 144 листов, которые нумеруют арабскими цифрами от 1 до 144 соответственно.

### 3. Определение площадей анализируемых областей Земли при помощи картографической сетки.

Благодаря свойству метричности карты, по ней можно определить площадь любой части земной поверхности с точностью  $\pm 2\%$ , вне зависимости от наличия искажений длин и площадей.

Для определения площади подсчитывают целые клетки и части клеток (ограниченные параллелями и меридианами), занятых изображением определяемой территории. При этом части клеток определяются на глаз с точностью до 0,1 клетки. Подсчет клеток ведется по каждому поясу, ограниченному параллелями. Площади полей, заключенных между соответствующими параллелями и меридианами, выбирают из таблицы «Длины дуг параллелей и меридианов в км и площади полей, заключенных между параллелями и меридианами в кв. км» [1] и умножают на их количество. Затем площади, вычисленные для каждого пояса в квадратных километрах, суммируют и получают окончательный результат.

#### Контрольные вопросы:

1. Что такое номенклатура карт?
2. Что называется разграфкой и номенклатурой топографических карт?

3. Перечислите виды разграфки, объясните преимущества и недостатки каждого из них.

4. Карта какого масштаба положена в основу разграфки и номенклатуры топографических планов и карт и как производится деление земной поверхности на листы этой карты?

5. Что является границами листа карты при разных видах разграфки?

6. На сколько листов карты масштаба 1:100 000, 1:200 000 и 1:500 000 делится карта масштаба 1:1 000 000?

7. Чему равны размеры листов карт масштаба 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000 и 1:1 000 000 по широте и долготе в градусной мере?

8. Опишите последовательность действий при определении площади изучаемого объекта при помощи картографической сетки.

#### **Лабораторная работа 4 – Основные виды искажений на географических картах**

*Цель работы:* ознакомиться с наиболее распространенными видами искажений, встречающихся на картах. Изучить способы определения размеров искажений на картах, научиться понимать характер искажений в картографических проекциях, учитывать искажения в изображении географических объектов при различных измерениях на картах.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. По карте географического атласа определить:

а) истинное расстояние между точками А и В и точками А и С с учетом коэффициентов искажения по параллели и меридиану (точки А В и С задаются преподавателем);

б) коэффициент искажения площади;

в) наибольший и наименьший масштабы карты;

г) наибольшее искажение углов на карте.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Основные виды искажений на географических картах.*

Поверхность эллипсоида нельзя развернуть в плоскость с сохранением подобия всех очертаний. Если поверхность глобуса (модель земного эллипсоида) разрезать на полоски по меридианам и развернуть в плоскость, то в картографическом изображении произойдут разрывы, которые с удалением от экватора будут возрастать.

Непрерывность изображения при развертке поверхности эллипсоида (или шара) на плоскости достигается как бы за счет неравномерного растяжения или сжатия, т.е. деформации поверхности эллипсоида при совмещении ее с плоскостью. Чтобы заполнить разрывы по меридианам, необходимо производить растяжение или сжатие полосок. Полоски соединены на плоскости соприкосновением по экватору.

В результате растяжений или сжатий в картографическом изображении возникают искажения в длинах, площадях, формах и углах. Искажениями длин называют отношение отрезка на карте к соответствующему ему отрезку на поверхности эллипсоида. Искажение площади определяют как отношение площади эллипса на карте к площади соответствующего ему круга на поверхности эллипсоида. Искажение угла – это разность между углом, образованным двумя линиями на эллипсоиде, и изображением этого угла на карте. С искажениями углов прямо связаны искажения форм, в результате таких искажений фигуры на карте деформированы и не подобны фигурам на местности.

Искажений на картах тем больше, чем больше изображаемая территория, а в пределах одной карты искажения возрастают с удалением от линии или точки нулевых искажений.

О размерах искажений позволяет судить эллипс искажений. Если с поверхности эллипсоида перенести на плоскость окружность бесконечно малого радиуса, то в результате искажений она изобразится бесконечно малым эллипсом. Размеры и форма этого эллипса отражают искажения длин, площадей и углов, а ориентировка большей оси относительно меридиана и параллели – направление наибольшего растяжения (рисунок 11).

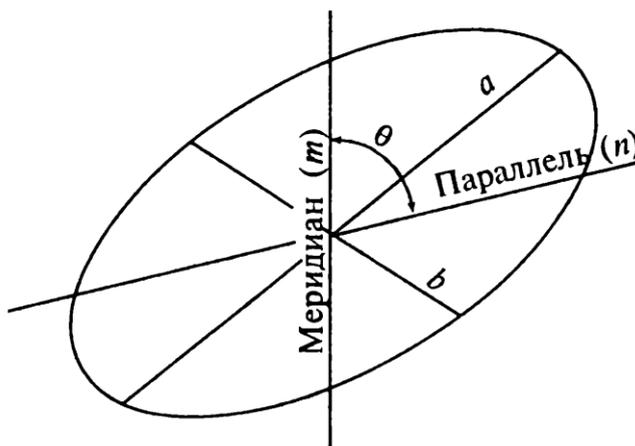


Рисунок 11 – Эллипс искажений, характеризующий искажения масштабов в данной точке (в центре эллипса):

a – направление наибольшего растяжения масштаба,

b – направление наибольшего сжатия масштаба,

m – масштаб по меридиану, n – масштаб по параллели

Большая ось эллипса искажений характеризует наибольшее растяжение в данной точке, а малая ось – наибольшее сжатие. Отрезки вдоль меридиана и параллели соответственно характеризуют частные масштабы  $m$  (по меридиану) и  $n$  (по параллели).

При наличии картографической сетки величина искажений может быть определена на любом участке карты, даже если не указана проекция.

## *2. Вычисление величины искажений на географических картах.*

Для вычисления величины искажений длин дуг параллелей и меридианов на карте и на эллипсоиде необходимо учесть, какое расстояние в градусах составляют отрезки дуг параллелей и меридианов на карте в заданной трапеции.

Искажения длин, присутствующие на карте, рассчитываются как отношение длины отрезка на карте к длине отрезка на эллипсоиде. Например, искажение длины дуги параллели  $56^\circ$  с.ш.:  $247,5:249,6 = 0,953$ .

Искажение длины дуги параллели  $60^\circ$  с.ш.:  $225,0:223,2 = 1,008$ .

Искажение длины дуги меридиана  $0^\circ$  в.д.:  $450,0:445,6 = 1,009$ .

Искажение длины дуги меридиана  $4^\circ$  в.д.:  $450,0:445,6 = 1,009$ .

Искажения площадей, присутствующие на картах, рассчитываются как отношение площади трапеции на карте к площади трапеции на эллипсоиде.

Отклонение угла определяется с точностью до  $0,5^\circ$  при помощи транспортира как разность прямого угла и угла, определенного на трапеции (левый нижний угол трапеции):  $\omega = 90^\circ - 89^\circ = 1^\circ$ .

Вычисление величины искажений на любой карте выполняется в следующем порядке:

1. Тщательно определить координаты точки (с точностью до минут).
2. Измерить дуги параллелей и меридианов на карте в этой точке и вычислить длину  $1^\circ$  по параллели и меридиану на карте с точностью до десятых долей мм.
3. Путем интерполяции найти длину  $1^\circ$  по параллели и меридиану на земле (в км) с помощью картографических таблиц (таблица «Длины дуг параллелей и меридианов в км и площади полей, заключенных между параллелями и меридианами в кв. км» [1]).
4. Найти частные масштабы  $M_n$  и  $M_m$ .
5. Найти коэффициенты искажения на параллели и меридиане  $n$  и  $m$  (при этом коэффициент искажения должен быть максимально приближен к единице, например, 0,998 или 1,001).
6. Далее вычисляют:
  - коэффициент искажения площади  $p = m \times n \times \sin\theta$ ,
  - где  $m$  – масштаб по меридиану,  $n$  – масштаб по параллели,  $\theta$  – угол между меридианом и параллелью (измеряется транспортиром);

- наибольший и наименьший масштабы искажения  $a$  и  $b$  через систему уравнений:

$$\begin{cases} a + b = \sqrt{m^2 + n^2 + 2p} \\ a - b = \sqrt{m^2 + n^2 - 2p} \end{cases},$$

где  $a$  – наибольший масштаб искажения,  $b$  – наименьший масштаб искажения;

- наибольшее искажение углов  $\omega$  по формуле:

$$\sin \omega/2 = (a - b)/(a + b).$$

#### Контрольные вопросы:

1. Какие искажения имеют место в картографических проекциях?
2. Объяснить принцип расчета искажений площадей, присутствующих на картах.
3. Как рассчитать искажения длин, присутствующие на карте?
4. Как определить отклонение угла?

### **Лабораторная работа 5 – Изучение картографических проекций**

*Цель работы:* изучить основные картографические проекции и способы их построения, проанализировать характер искажений в различных проекциях. Научиться определять вид картографической проекции по сетке параллелей и меридианов.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Найти среди карт географического атласа [1, 2, 3] по одной, выполненной в следующих проекциях:

- а) нормальная азимутальная,
- б) поперечная азимутальная,
- в) косая азимутальная,
- г) псевдоцилиндрическая,
- д) поликоническая,
- е) нормальная цилиндрическая,
- ж) нормальная коническая.

В тетради для лабораторных работ записать название карты охват территории и на ней и вид параллелей и меридианов в градусной сетке.

Задание 2. Научиться уверенно определять проекции карт географического атласа [1, 2, 3]. Сдать преподавателю устно.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

### *1. Виды картографических проекций по характеру искажений.*

Картографическая проекция – это математически определенный способ изображения поверхности эллипсоида на плоскости, устанавливающий аналитическую зависимость между географическими координатами точек земного эллипсоида и прямоугольными координатами тех же точек на плоскости.

Картографическая проекция определяет переход от поверхности эллипсоида (или шара) к плоскости, а также закон распределения искажений, возникающих при этом на карте.

Картографические проекции обычно различают:

- 1) по характеру искажений;
- 2) по виду вспомогательной геометрической поверхности, применяемой при переходе от поверхности эллипсоида к плоскости (или по виду нормальной сетки);
- 3) по ориентировке этой поверхности по отношению к элементам земного эллипсоида (земной оси, экватору, полюсам).

По характеру искажений все проекции делятся на равноугольные, равновеликие и произвольные.

В равноугольных проекциях на карте отсутствуют искажения углов, а также формы бесконечно малых фигур. Масштаб длин в каждой точке постоянен по всем направлениям и зависит только от положения точки. Эллипсы искажений имеют форму окружностей, увеличивающих радиус по мере удаления от места нулевых искажений.

В равновеликих проекциях на карте отсутствуют искажения площадей. В этих проекциях площади эллипсов искажений равны. Увеличение масштаба длин по одной оси эллипса искажений компенсируется уменьшением масштаба длин по другой оси, что вызывает сильное искажение углов и форм.

В произвольных проекциях на карте имеются искажения и углов, и площадей. Карты, построенные в этих проекциях, отличаются меньшим искажением площадей, чем в равноугольных проекциях, и меньшим искажением углов и форм, чем в равновеликих проекциях.

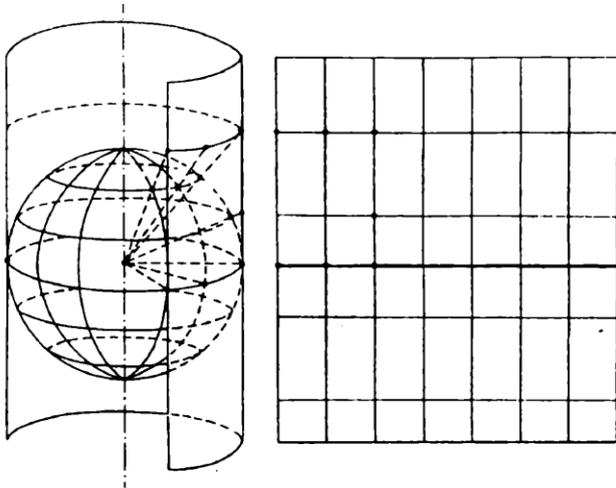
Среди произвольных проекций можно дополнительно выделить равнопромежуточные проекции, во всех точках которых масштаб по одному из направлений (по параллелям или меридианам) постоянен и равен главному.

### *2. Виды картографических проекций по виду вспомогательной геометрической поверхности.*

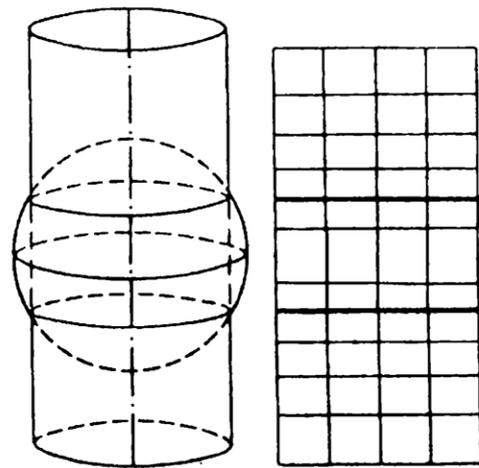
По виду вспомогательной геометрической поверхности различают цилиндрические, конические и азимутальные проекции.

Цилиндрическими называют проекции, в которых сеть меридианов и параллелей с поверхности эллипсоида переносится на боковую поверхность каса-

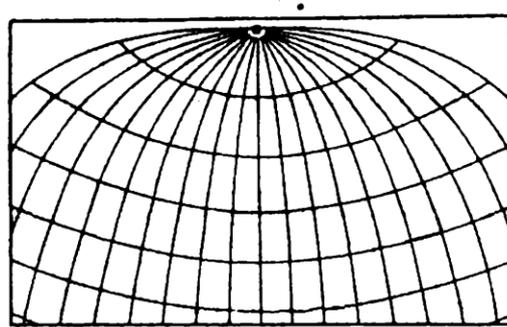
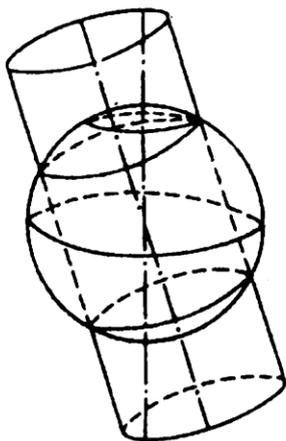
тельного или секущего цилиндра, затем цилиндр разрезается по образующей и разворачивается в плоскость (рисунок 12).



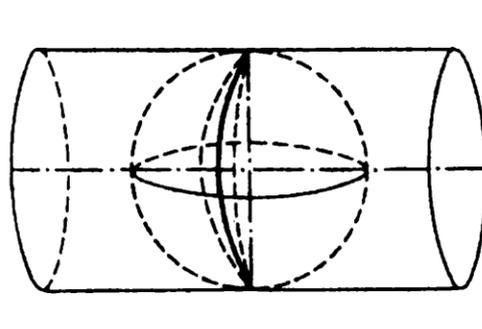
Нормальная цилиндрическая проекция на касательный цилиндр



Нормальная цилиндрическая проекция на секущий цилиндр



Косая цилиндрическая проекция на секущий цилиндр



Поперечная цилиндрическая проекция на касательный цилиндр

Рисунок 12 – Цилиндрические проекции и развертки (по Берлянту, 2002)

В зависимости от ориентировки цилиндра относительно земной оси различают проекции:

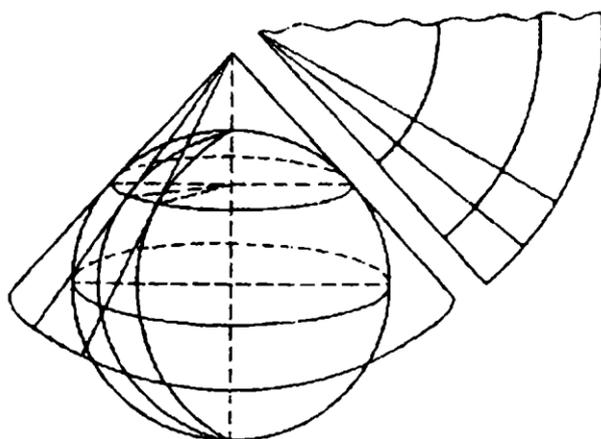
а) нормальные, когда ось цилиндра совпадает с малой осью земного эллипсоида;

б) поперечные, когда ось цилиндра лежит в плоскости экватора (т. е. перпендикулярна малой земной оси);

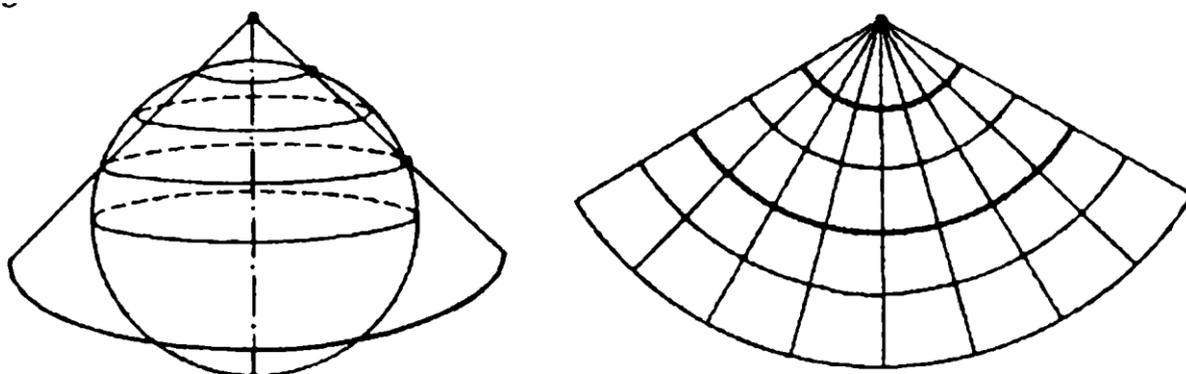
в) косые, когда ось цилиндра составляет с осью эллипсоида острый угол.

Проекция, построенная на касательном цилиндре, имеет одну линию нулевых искажений, а проекция, построенная на секущем цилиндре, – две линии нулевых искажений.

Коническими называют проекции, в которых сеть меридианов и параллелей с поверхности эллипсоида переносится на боковую поверхность касательного или секущего конуса, затем конус разрезается по образующей и разворачивается в плоскость (рисунок 13).



Нормальная коническая проекция на касательный конус



Нормальная коническая проекция на секущий конус

Рисунок 13 – Конические проекции и развертки (по Берлянту, 2002)

В зависимости от ориентировки конуса относительно земной оси различают проекции:

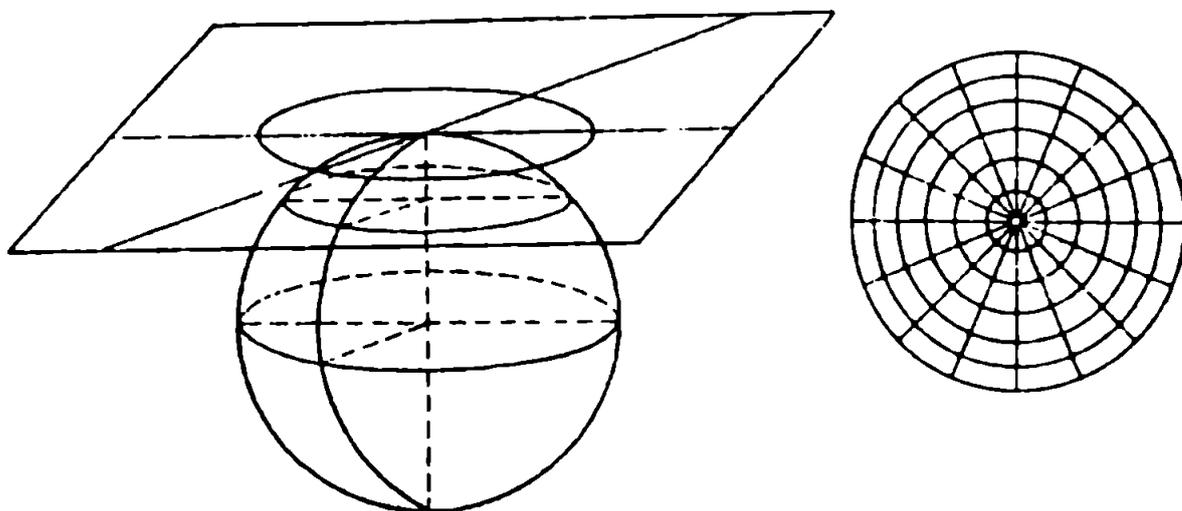
а) нормальные, когда ось конуса совпадает с малой осью земного эллипсоида;

б) поперечные, когда ось конуса лежит в плоскости экватора (т.е. перпендикулярна малой земной оси);

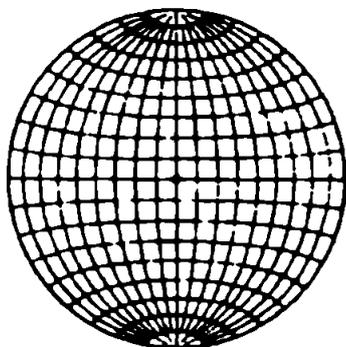
в) косые, когда ось конуса составляет с осью эллипсоида острый угол.

Проекция, построенная на касательном конусе, имеет одну линию нулевых искажений, а проекция, построенная на секущем конусе, – две линии нулевых искажений.

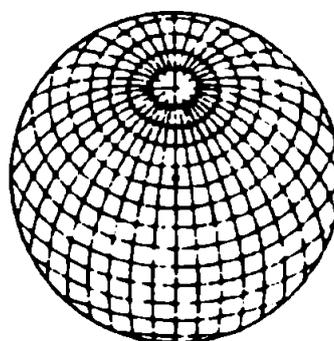
Азимутальными называют проекции, в которых сеть параллелей и меридианов переносится с поверхности эллипсоида на касательную (или секущую) картинную плоскость. Точка касания плоскости и земного эллипсоида является точкой нулевых искажений (рисунок 14).



Нормальная (полярная) азимутальная проекция на касательную плоскость и картографическая сетка



Картографическая сетка в поперечной (экваториальной) азимутальной проекции



Картографическая сетка в косой азимутальной проекции

Рисунок 14 – Азимутальные проекции и картографические сетки (по Берлянту, 2002)

В зависимости от положения точки касания, среди азимутальных проекций различают:

а) полярные (нормальные), когда плоскость касается земного эллипсоида в одном из полюсов;

б) экваториальные (поперечные), когда плоскость касается эллипсоида в любой точке на экваторе;

в) горизонтальные (косые), когда плоскость касается эллипсоида в какой-либо точке, лежащей между полюсом и экватором.

В зависимости от положения центра проектирования (точки зрения) среди азимутальных проекций выделяют перспективные:

а) центральные (гномонические);

б) стереографические;

в) внешние;

г) ортографические.

Поликоническими называют проекции, в которых проектирование сети параллелей и меридианов производится сразу на несколько конусов.

Условными называют проекции, при построении которых не прибегают к использованию вспомогательной геометрической поверхности. К условным проекциям принадлежат псевдоцилиндрические, псевдоконические, псевдоазимутальные и другие проекции, полученные путем преобразования исходных проекций.

#### Контрольные вопросы:

1. Что такое картографическая проекция?
2. Различие терминов «картографическая проекция» и «картографическая сетка».
3. К каким проекциям относится проекция Меркатора?
4. Классифицируйте проекции по виду меридианов и параллелей нормальной сетки.
5. Что такое косые и поперечные проекции?
6. Для каких территорий целесообразно применять нормальные конические проекции?
7. Для каких территорий целесообразно применять косые и поперечные конические проекции?
8. Какой вид имеют изоколы в нормальных конических проекциях?
9. Для каких территорий целесообразно применять нормальные цилиндрические проекции?
10. Для каких территорий целесообразно применять косые и поперечные цилиндрические проекции?

11. Что такое многогранные проекции?
12. Какой вид имеют изоколы в нормальных цилиндрических проекциях?
13. Почему проекция Меркатора применяется до сих пор в морской и аэронавигации?

### **Лабораторная работа 6 – Графические средства, применяемые для различных картографических знаков**

*Цель работы:* изучить виды графических переменных, развивать навык работы с графическими переменными при построении картографических знаков и графических систем.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. На отдельном листе чертежной бумаги (или альбомном) формата А4:

- а) написать весь алфавит стандартным чертежным шрифтом (пары прописных и строчных букв) и цифры от 0 до 9 (шрифт 7);
- б) начертить пять знаков разной формы;
- в) начертить пять знаков одинаковой формы, но разной ориентировки;
- г) начертить четыре знака одинаковой формы и ориентировки, но разного размера;
- д) начертить четыре знака одинаковой формы, размера и ориентировки, но с разной внутренней структурой;
- е) начертить четыре знака одинаковой формы, размера, ориентировки и цвета, но разной светлоты;
- ж) начертить четыре знака одинаковой формы, размера, ориентировки и внутренней структурой, но с разной густотой (интенсивностью) внутренней структуры.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Общие рекомендации по работы со шрифтами.*

Шрифт – определенная форма письма. Кроме чертежного, шрифты бывают: плакатный, академический, капитальный и др. Чертежный шрифт состоит из написания прописных (заглавных) букв и цифр, и строчных букв. К чертежному шрифту выдвигаются следующие требования:

- простая композиция букв,
- возможность безошибочного чтения,
- легкость и быстрота написания от руки,

- получение хорошего отпечатка при размножении чертежей (карт).

Чертежные шрифты, наносимые на чертежи и другие технические документы всех отраслей промышленности и строительства, устанавливает государственный стандарт (ГОСТ 2.304-81 «Шрифты чертежные»).

Размер шрифта – величина, определенная высотой прописных букв в миллиметрах. Высота прописных букв и цифр, в зависимости от которой установлены следующие размеры чертежного шрифта: 1.8; 2.5; 3.5; 5; 7; 10; 14; 20; 28 и 40, является основной характеристикой чертежного шрифта. Высота строчных букв составляет 70% от высоты прописных. Высота прописных букв измеряется перпендикулярно к основанию строки. Типы шрифта устанавливаются без наклона и с наклоном около 75° к основанию строки.

Стандартный чертежный шрифт типа Б с наклоном имеет следующий вид (рисунок 15).



Рисунок 15 – Образец стандартного чертежного шрифта типа Б с наклоном (согласно ГОСТ 2.304-81)

Ниже выполненной работы по центру располагают ее название: «*Стандартный чертежный шрифт и графические переменные*». Каждый чертеж должен быть подписан в правом нижнем углу листа:

«*Выполнил(а) ст. гр. ХХ-ЭП/1(2)  
Фамилия И. О.*».

Выполненная графическая работа сдается на проверку преподавателю.

Контрольные вопросы:

1. Что такое элементарные графические средства, используемые для построения картографических знаков и знаковых систем?
2. Что относится к элементарным графическим средствам?
3. Каковы особенности чертежных шрифтов?

**Лабораторная работа 7 – Изучение картографических знаков и знаковых систем**

*Цель работы:* Изучить основные картографические знаки и знаковые системы, а также способы их построения, проанализировать характер закономерности применения на картах тех или иных знаков для различных явлений и процессов. Научиться определять вид картографических способов изображения по их внешнему виду.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Используя карты географического атласа [1, 2, 3], заполнить таблицу 3.

Таблица 3 – Изучение знаков и картографических способов изображения на отдельных картах

Название карты	Изображение знака	Что изображает	Классификация знака	Способ изображения	Графические средства	Масштабность знака
1	2	3	4	5	6	7

При заполнении таблицы 3 в графе 2 «Изображение знака» следует аккуратно нарисовать условный знак цветными карандашами.

В графе 4 «Классификация знака» указывается: точечный, линейный, площадной, фоновый.

В графе 5 «Способ изображения» указывается: значковый способ, способ линейных знаков, способ изолиний, способ псевдоизолиний, способ качественного фона, способ количественного фона, способ локализованных диаграмм, точечный способ, способ ареалов, способ знаков движения, картограмма, картодиаграмма.

В графе 6 «Графические средства» указывается: форма, размер, ориентировка, цвет, насыщенность цвета (светлота), внутренняя структура знака.

В графе 7 «Масштабность знака» указывается: абсолютная, условная или немасштабный знак.

Задание 2. Научиться уверенно определять основные картографические способы изображения географического атласа [1, 2, 3] по их внешнему виду. Сдать преподавателю устно.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Основные способы картографического изображения.*

На географических картах показываются явления, отличающиеся характером размещения в пространстве. Существуют явления, локализованные:

1) по пунктам («в точках») – например, города, центры промышленности, полезные ископаемые и т. д.;

2) на линиях – например, реки, транспортные пути, границы;

3) на площадях – например, почвы, растительность, плотность населения и т. д.; явления сплошного распространения (например, рельеф, климатические пояса, атмосферное давление и т. д.) и массовые рассредоточенные явления (например, посевные площади, поголовье скота и пр.).

Для изображения качественных и количественных особенностей этих явлений, их взаимосвязей, перемещения и развития во времени применяются различные способы:

- способ значков,
- способ линейных знаков,
- способ изолиний,
- способ качественного фона,
- способ количественного фона,
- способ ареалов,
- точечный способ,
- способ знаков движения,
- способ локализованных диаграмм,
- способ картодиаграмм,
- способ картограмм.

Чтобы уметь правильно выбирать способы изображения для карты и полноценно ее использовать, географ должен хорошо представлять возможности и пределы применения каждого способа.

## *2. Значковый способ.*

Способ значков применяют для показа объектов, локализованных в пунктах и обычно не выражающихся в масштабе карты (внемасштабные знаки).

Это могут быть населенные пункты, месторождения полезных ископаемых, центры промышленности, одиноко стоящие деревья, мельницы, колодцы и т. д. Значки обладают основной точкой, позволяющей показать точное местоположение данного объекта по географическим координатам.

Значки позволяют характеризовать качественные и количественные особенности объектов, их внутреннюю структуру. Различают три вида значков:

1) геометрические значки – простые геометрические фигуры: квадраты, кружки, ромбы, треугольники и др.

Форма, цвет или штриховка значка отражает качественные особенности объектов, размер значка – количественные особенности, структура знака передает структуру объекта.

Для показа центра промышленности, в котором сосредоточены различные отрасли, используют суммарный структурный значок. Для показа временной динамики (например, рост численности населения в городе со временем) используют нарастающий значок;

2) буквенные значки – одна или две первые буквы русского или латинского алфавитов, обозначающие какие-либо объекты. Например, с помощью буквенных значков из таблицы Менделеева можно показать месторождения различных руд (Fe – железная руда, Al – алюминиевая руда и т. д.). Размер букв может количественно характеризовать объект;

3) наглядные значки напоминают изображаемый объект.

Значки бывают символическими (например, кубик – поваренная соль) и натуралистическими (например, якорь – порт, самолет – аэропорт).

## *3. Способ линейных знаков и способ знаков движения.*

Способ линейных знаков используется для изображения реальных или абстрактных явлений, локализованных на линиях. К ним относятся:

- береговые линии,
- линии тектонических разломов,
- водораздельные линии,
- все виды границ,
- транспортные пути и т.д.

Разный цвет и рисунок линейных знаков передают качественные и количественные характеристики объектов. Например, линии синего цвета – реки, линии красного цвета – железные дороги, черного цвета – автодороги, различ-

ные пунктирные линии показывают разного значения административные границы и т. д.

Линейный знак немасштабен по ширине, но его ось должна совпадать с положением реального объекта на местности.

Способ знаков движения используют для показа пространственных перемещений каких-либо природных (течения, ветры и т. д.), социальных (миграции населения) или экономических (грузопотоки) явлений.

#### *4. Способ качественного и количественного фона.*

Способ качественного фона применяют для показа качественной характеристики явлений сплошного распространения (например, климатических поясов), локализованных по площади явлений (например, типы почв) или массовых рассредоточенных явлений. С его помощью показывают подразделение территории (районирование) по природным, социально-экономическим или политико-административным признакам.

Способ количественного фона применяют для передачи количественных различий явлений площадного распространения. Подобно качественному фону, этот способ связан с районированием, но по количественному признаку.

Окраска или штриховка выполняется по нарастающей шкале (например, среднегодовое количество осадков или плотность населения).

#### *5. Точечный способ и способ ареалов.*

Точечный способ используется для изображения массовых рассредоточенных явлений, требующих количественной характеристики. С помощью множества точек, каждая из которых имеет определенный «вес» (при этом на карте в легенде обязательно указывают: «*Одна точка соответствует ...*») на карте можно отобразить:

- посевные площади (например, одна точка – 500 га посевов),
- размещение животноводства (например, одна точка – 100 голов КРС),
- размещение сельского населения (например, одна точка – 1000 человек)

и т. д.

В качестве графических средств можно выбрать точки разного цвета или маленькие кружки, квадратики, треугольники разного цвета. Но важно, чтобы каждая фигурка имела свой обозначенный в легенде «вес» и не соприкасалась с соседней.

Способ ареалов состоит в выделении на карте области распространения какого-либо явления. Чаще всего этим способом показывают распространение животных, бассейны полезных ископаемых, районы распространения сельскохозяйственных культур и т. д. Графические средства изображения ареалов разнообразны. Это могут быть:

- границы,
- цвет,

- штриховка,
- площадные знаки,
- надписи,
- индексы.

#### *6. Точечный изолиний и способ локализованных диаграмм.*

Способ изолиний применяется для изображения непрерывных, плавно изменяющихся явлений, образующих физические поля. Изолинии – это кривые линии, соединяющие точки с одинаковыми количественными показателями.

На карту сначала наносят значения картографируемого объекта, а затем проводят изолинии (чаще всего, при помощи интерполяции). С помощью изолиний показывают:

- рельеф суши (в таком случае изолинии называются изогипсы),
- глубины (изобаты),
- температуру (изотермы),
- давление (изобары) и т. д.

Способ локализованных диаграмм используется для изображения характеристик сезонных и других периодических явлений (их хода, величины, продолжительности, вероятности), отнесенных к определенным пунктам.

Этот способ применяют при показе:

- годового хода температур и осадков (в таком случае диаграмма носит название климатограммы),
- повторяемости направлений ветра (роза ветров),
- загрязнения речных вод (диаграммы, приуроченные к гидропостам) и т. д.

Изобразительными средствами при построении локализованных диаграмм служат разнообразные графики, столбчатые и круговые диаграммы, гистограммы, «розы» и др.

#### *7. Способ картодиаграмм и способ картограмм.*

Способ картодиаграмм – это изображение суммарной величины какого-либо явления по единицам административно-территориального деления в абсолютных значениях с помощью диаграммных знаков.

Картодиаграммы применяют для показа таких явлений, как объем промышленного производства, валовой сбор сельскохозяйственной продукции, общее число учащихся в целом по странам (районам, областям, провинциям) и т. п. Так как речь идет о статистических показателях, на карте всегда показывают сетку административного деления, по которой и производится сбор данных.

Способ картограмм применяется для изображения средней интенсивности явления по административно-территориальным единицам. Это всегда расчетные показатели в относительных значениях. С помощью этого способа на

карте можно показать такие явления, как производство продукции на душу населения, процент урбанизации, процент лесопокрытой площади и т. д.

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте пять групп явлений, отображаемых на картах, в зависимости от характера пространственной локализации.
2. Приведите примеры явлений, локализованных в пунктах.
3. Какие вы знаете графические средства, применяемые в экологическом картографировании?
4. Охарактеризуйте способы картографических изображений.
5. Какие основные функции выполняют условные знаки?
6. Назовите основные группы условных знаков.
7. Назовите графические средства для построения условных знаков и знаковых систем.
8. В чем отличие способа ареалов от способа качественного фона?
9. В чем отличие способа линий движения от способа линейных знаков?
10. Назовите способы изображения рельефа.

### **Лабораторная работа 8 – Построение картограммы и картодиаграммы**

*Цель работы:* Совершенствовать навыки и умения комплексного использования карт, справочных материалов, учебной и научной литературы, научиться отображать на карте статистические экологические данные способом картограммы и картодиаграммы, подбирать подходящие знаковые системы в зависимости от имеющегося набора статистических данных.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Пользуясь указаниями к выполнению лабораторной работы, собственным конспектом лекций и учебной литературой [4, 11], письменно в тетради для лабораторных работ ответить на следующие вопросы:

- а) перечислить все способы картографического изображения;
- б) охарактеризовать более подробно способ картодиаграммы и способ картограммы;
- в) для каких показателей и характеристик обычно применяют способ картодиаграммы, в чем его отличие от способа картограммы?

Задание 2. Построить тематическую (экологическую) карту одного из федеральных округов Российской Федерации, применяя способы картодиаграммы

и картограммы. Названия карт (по вариантам) и картографируемые явления приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Названия карт (по вариантам) и картографируемые явления для построения картограммы и картодиаграммы

Вариант	Название карты	Картографируемые явления
1	2	3
1	Загрязнение атмосферного воздуха в Центральном федеральном округе Российской Федерации в 2019 г.	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников, тыс. т, и выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на единицу площади, т/кв. км (по субъектам Федерации) за 2019 г.
2	Загрязнение атмосферного воздуха в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах Российской Федерации в 2019 г.	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников, тыс. т, и выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на единицу площади, т/кв. км (по субъектам Федерации) за 2019 г.
3	Загрязнение атмосферного воздуха в Приволжском федеральном округе Российской Федерации в 2019 г.	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных и передвижных источников, тыс. т, и выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на единицу площади, т/кв. км (по субъектам Федерации) за 2019 г.
4	Загрязнение атмосферного воздуха в Центральном федеральном округе Российской Федерации в 2019 г.	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников всего, в т.ч. оксид углерода, тыс. т, и выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на душу населения, кг/н.д.н. (по субъектам Федерации) за 2019 г.
5	Загрязнение атмосферного воздуха в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах Российской Федерации в 2019 г.	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников всего, в т.ч. оксид углерода, тыс. т, и выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на душу населения, кг/н.д.н. (по субъектам Федерации) за 2019 г.

1	2	3
6	Загрязнение атмосферного воздуха в Приволжском федеральном округе Российской Федерации в 2019 г.	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников всего, в т.ч. оксид углерода, тыс. т, и выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на душу населения, кг/н.д.н. (по субъектам Федерации) за 2019 г.
7	Загрязнение атмосферного воздуха в Центральном федеральном округе Российской Федерации в 2019 г.	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников всего, в т.ч. диоксид серы, тыс. т, и выбросы диоксида серы в атмосферный воздух на единицу площади, кг/кв. км (по субъектам Федерации) за 2019 г.
8	Загрязнение атмосферного воздуха в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах Российской Федерации в 2019 г.	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников всего, в т.ч. диоксид серы, тыс. т, и выбросы диоксида серы в атмосферный воздух на единицу площади, кг/кв. км (по субъектам Федерации) за 2019 г.
9	Загрязнение атмосферного воздуха в Приволжском федеральном округе Российской Федерации в 2019 г.	Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников всего, в т.ч. диоксид серы, тыс. т, и выбросы диоксида серы в атмосферный воздух на единицу площади, кг/кв. км (по субъектам Федерации) за 2019 г.
10	Водопользование в Центральном федеральном округе Российской Федерации в 2019 г.	Использование свежей воды всего, в т.ч. на производственные нужды, млн.куб.м, и общее использование воды на душу населения, куб.м/н.д.н. (по субъектам Федерации) за 2019 г.
11	Водопользование в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах Российской Федерации в 2019 г.	Использование свежей воды всего, в т.ч. на производственные нужды, млн.куб.м, и общее использование воды на душу населения, куб.м/н.д.н. (по субъектам Федерации) за 2019 г.

1	2	3
12	Водопользование в Приволжском федеральном округе Российской Федерации в 2019 г.	Использование свежей воды всего, в т.ч. на производственные нужды, млн. куб.м, и общее использование воды на душу населения, куб.м/н.д.н. (по субъектам Федерации) за 2019 г.
13	Водопользование в Центральном федеральном округе Российской Федерации в 2019 г.	Использование свежей воды всего, в т.ч. на хозяйственно-питьевые нужды, млн куб.м, и хозяйственно-питьевое использование воды на душу населения, куб.м/н.д.н. (по субъектам Федерации) за 2019 г.
14	Водопользование в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах Российской Федерации в 2019 г.	Использование свежей воды всего, в т.ч. на хозяйственно-питьевые нужды, млн куб.м, и хозяйственно-питьевое использование воды на душу населения, куб.м/н.д.н. (по субъектам Федерации) за 2019 г.
15	Водопользование в Приволжском федеральном округе Российской Федерации в 2019 г.	Использование свежей воды всего, в т.ч. на хозяйственно-питьевые нужды, млн. куб.м, и хозяйственно-питьевое использование воды на душу населения, куб.м/н.д.н. (по субъектам Федерации) за 2019 г.
16	Водопользование в Центральном федеральном округе Российской Федерации в 2019 г.	Забор воды из природных водных объектов, в т.ч. использование свежей воды всего, млн куб.м, и сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, куб.м/н.д.н (по субъектам Федерации) за 2019 г.
17	Водопользование в Южном и Северо-Кавказском федеральных округах Российской Федерации в 2019 г.	Забор воды из природных водных объектов, в т.ч. использование свежей воды всего, млн куб.м, и сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, куб.м/н.д.н (по субъектам Федерации) за 2019 г.

1	2	3
18	Водопользование в Приволжском федеральном округе Российской Федерации в 2019 г.	Забор воды из природных водных объектов, в т.ч. использование свежей воды всего, млн куб.м, и сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, куб.м/н.д.н (по субъектам Федерации) за 2019 г.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Способ картодиаграммы.*

Способ картодиаграммы – это изображение суммарных количественных величин (статистических показателей) какого-либо явления в каждой единице административно-территориального деления с помощью диаграммных знаков.

Поскольку речь идет о статистических показателях, то на карте всегда присутствует сетка административного деления, по которой и производится сбор данных.

Графическими средствами служат любые диаграммные знаки, отнесенные к районам или областям:

- столбчатые,
- площадные,
- объемные.

Обычно предпочтение отдаётся площадным диаграммам, где площадь знака легко ассоциируется с количественной характеристикой явления. Линейные диаграммы занимают много места и чаще всего выходят за пределы территориальной ячейки.

Объемные картограммы по занимаемому месту ещё более экономны, чем площадные, но страдают слабой визуальной различимостью количественного признака объекта и сложнее в изобразительном отношении. Объемные знаки используются при значительных различиях в количестве признака объекта. Диаграммы могут быть структурными и показывать, например, долю разных отраслей в общем объеме производства в данном промышленном районе.

При помощи картодиаграмм можно легко и предельно наглядно можно сравнить между собой целые районы или области.

Картодиаграмма обладает высокой выразительностью, поэтому широко используется в учебной, научно-популярной и агитационно-пропагандистской социально-экономической картографии.

## *2. Способ картограммы.*

Способ картограммы используют для показа относительных статистических показателей по единицам административно-территориального деления. Это всегда расчетные показатели, например, на 1000 жителей, на 100 га земель, проценты и т.п.

Главное отличие картограммы – показ интенсивности явлений в пределах ячеек сеток территориального деления, часто не свойственных непосредственно картографическому явлению (например, плотность населения по административным районам).

Для картограмм обязательно отображение интенсивности явлений, но встречаются и случаи отображения абсолютных характеристик. Но картограмма, построенная по абсолютным показателям, создает визуальный диссонанс с характером отображаемого показателя, т.к. нарастающая штриховка или интенсивность оттенков одного цвета на карте воспринимается именно как различие именно в интенсивности явления. Следовательно, абсолютные значения лучше передавать при помощи картодиаграммы.

Картограмма непригодна для характеристики размещения объектов по пунктам, линиям, ареалам местности. Степень концентрации явлений передается способом картограммы посредством относительной количественной характеристики, отнесенной к единице площади или выраженной в процентах, например: плотность населения, доля сельскохозяйственных культур в посевной площади и т.д.

Динамику картографируемых явлений или характеристик во времени можно показать путем создания серии картограмм (на разные даты).

## *3. Порядок построения экологической карты одного из федеральных округов Российской Федерации способами картодиаграммы и картограммы.*

Сначала необходимо определиться, какие данные будут использоваться для построения картодиаграммы, а какие – для картограммы.

Следует помнить, что картограмма отображает изменение интенсивности количественного показателя по территориальным единицам (по субъектам РФ). На картограмме увеличение интенсивности показателя передается увеличением плотности окраски (штриховки) территориальных единиц.

Так как картограмма отображает изменения количественного показателя, то шкала должна передавать изменения насыщенности одного цвета. Если градаций в шкале более пяти, используют второй цвет, позволяющий сохранить постепенное нарастание насыщенности окраски.

Картодиаграмма отображает суммарные количественные значения явлений, распределенных по территориальным единицам.

Чтобы небольшое число диаграммных фигур правильно передавали размещение явления, они должны быть локализованы единообразно в пределах территориальных единиц.

С этой целью в качестве точки локализации диаграммной фигуры выбирают или геометрический центр территориальной единицы или административный центр субъекта РФ.

На карте обязательно показать границы субъектов РФ и их центры. Если масштаб мелкий, можно показывать не все центры, но так, чтобы они опознавались.

Карта, составленная способом картограммы и способом картодиаграммы, отображает два равнозначных показателя, поэтому в легенде:

- приводится полное наименование этих показателей,
- указывается территориальная единица, относительно которой приводятся изображения (насыщенность окраски, диаграммные фигуры),
- изображаются графические шкалы количественных показателей и обязательно указываются единицы измерения.

Размещение пояснительного текста в легенде должно способствовать запоминанию условных обозначений. Для этого подразделяют текст на основной и текст, дающий дополнительные пояснения, используя разные размеры шрифта и интервалы между строками текста. Переносы слов в легенде нежелательны.

#### Контрольные вопросы:

1. В чем отличие значкового способа от способа картодиаграммы?
2. В чем отличие точечного способа от способа картограммы?
3. В чем отличие способа изолиний от способа картограммы?
4. Перечислите подходы к выбору территориальных единиц в экологическом картографировании.
5. Как делятся графики по способу построения?
6. В чем различие картограмм и картодиаграмм? Когда они применяются?
7. В чем различие одномерных и двумерных графиков в картодиаграмме?
8. Изобразите виды плоскостных диаграмм.

## Лабораторная работа 9 – Составление гипсометрического профиля участка местности Калининградской области для целей природопользования и охраны окружающей среды

*Цель работы:* совершенствовать навык составления и оформления гипсометрических профилей по топографическим картам разного масштаба, познакомиться с существующим набором топографических карт Калининградской области, рассмотреть и оценить возможности их использования в научно-практической и хозяйственной деятельности.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Ознакомиться с основными топографическими картами Калининградской области разного масштаба, на бумажных и цифровых носителях. Составить в тетради их перечень с указанием масштаба и оценкой возможности использования для разных целей.

Задание 2. Пользуясь фрагментом топографической карты (Приложение А), построить гипсометрический профиль заданного участка местности Калининградской области по линии А-Б. Варианты заданий приведены в Приложении Б.

Задание 3. Выполнить графический анализ рассматриваемого фрагмента топографической карты. Определить:

- расстояние между точками А и Б, в км;
- азимут направления АБ;
- высоту точки В;
- площадь треугольника АБВ на местности, в км<sup>2</sup>;
- крутизну склона в трех-четырёх наиболее характерных точках вдоль построенного профиля.

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

### *1. Картографический метод исследования.*

Применение карт как средства исследования в науках о Земле и обществе вызвало к жизни многие приемы анализа и преобразования картографического изображения. В их разработке участвовали не только картографы, но и географы разных специальностей, геологи, геофизики, экономисты, математики.

Раздел картографии, изучающий вопросы использования карт для познания изображенных на них явлений, называется картографическим методом исследования.

Успехи в области топографического и особенно тематического картографирования (в т.ч. экологического), создание карт новых типов, серий карт, ком-

плексных научно-справочных атласов – все это дало основу для развития картографического метода исследования.

Применение картографического метода исследования основано на анализе карт как пространственно-временных моделей действительности. Для изучения явлений по их изображениям на картах используются различные приемы анализа, среди которых наиболее распространены приемы:

- визуальные,
- графические,
- графоаналитические,
- математические (в частности, математико-картографическое моделирование – построение и исследование моделей приемами математического, математико-статистического анализа).

Все приемы анализа взаимосвязаны и дополняют друг друга. Практически во всех исследованиях, проводимых по картам, применяется не один какой-либо прием, а их совокупность.

Все приемы анализа взаимосвязаны и дополняют друг друга. Практически во всех исследованиях, проводимых по картам, применяется не один какой-либо прием, а их совокупность.

## *2. Построение гипсометрического профиля.*

Гипсометрический профиль строится по заданной линии на миллиметровой бумаге формата А4 (размер 210×297 мм), альбомная ориентация. Сначала следует распланировать лист: в верхней части необходимо оставить поля (30 мм), со всех остальных сторон – не менее 10 мм, под верхним полем – место для самого профиля, под ним, в середине листа – место для названия.

Работу над гипсометрическим профилем надо начинать с выбора горизонтального и вертикального масштабов. Горизонтальный масштаб обычно берут такой же, что и масштаб топографической карты, с помощью которой выполняется работы. Рекомендуются горизонтальный масштаб для профиля 1:10 000, т.е. в 1 см 100 м. Но следует проверить, что длина листа миллиметровки при таком масштабе будет немного больше длины линии профиля; в противном случае выбирают масштаб несколько мельче. Затем выбирают масштаб вертикальный, обычно он превышает горизонтальный. Удобно использовать масштаб 1:500 (в 1 см – 5 м), что значительно крупнее рекомендуемого горизонтального масштаба. Это связано с тем, что рельеф, т.к. рельеф Калининградской сильно выровненный, почти плоский.

После этого в месте, отведенном для профиля, строят координатную плоскость в системе прямоугольных координат, стрелки на концах осей не рисуют. На оси ординат вверх от нулевой линии делают (аккуратно!) разметку через 1 см, слева от которой подписывают абсолютные высоты в принятом вертикальном масштабе, заканчивая отметкой, лежащей несколько выше самой высокой точки на линии профиля. На конце оси указывают ее название и размерность показанной величины: «*H*, *м*». Рядом с названием шкалы высот (слева и

справа от профиля) указывается генеральная ориентировка профиля (например, *З* и *В*, *СЗ* и *ЮВ* и т. п.).

Линия между двумя заданными точками А и Б на уровне моря, которая и является горизонтальной осью профиля (ось абсцисс), называется *основанием профиля*. На ней откладывается расстояние между точками, образованными пересечением изогипс (горизонталей) избранной параллелью или линией. Для этого полоску миллиметровой бумаги прикладывают длинной стороной к линии профиля на карте и переносят на ее край все изогипсы (горизонталы), пересекаемые профилем, если выбранный горизонтальный масштаб профиля совпадает с масштабом используемой карты (расстояния между ними в таком случае менять не следует). Если масштабы не совпадают, расстояния между изогипсами вдоль линии профиля измеряют на карте циркулем-измерителем или линейкой, а затем откладывают на основании профиля в принятом горизонтальном масштабе. Местоположение каждой горизонтали отмечается черточкой, около которой проставляется соответствующая ей абсолютная отметка.

Иногда, если склоны крутые (например, береговой клиф на севере Самбийского полуострова), изогипсы проходят очень часто и технически трудно учесть каждую из них. Если расстояния между горизонталями на этом отрезке остаются постоянными (так проявляются на картах прямые по форме склоны), то склон может быть отражен на карте более простым способом – переносятся лишь крайние из изогипс (самая верхняя и самая нижняя) на участке их сгущения. Если же расстояния между горизонталями не постоянны, а нарастают или убывают, то это говорит о постепенном изменении крутизны склона, которое должно быть отражено на профиле. В данном случае необходимо учитывать каждую изогипсу, если это технически выполнимо.

Особо внимательно нужно фиксировать повторяющиеся изогипсы, поскольку они отражают существенные изменения в рельефе территории (смену повышений понижениями и наоборот). При этом важно понимать, что нельзя (*неправильно!*) соединять горизонтальной линией соседние точки с одинаковыми высотами. Горизонтальная линия получится только в том случае, если изогипса тянется вдоль линии профиля. Если же линия профиля пересекает подряд два раза или несколько раз одну и ту же изогипсу, то это означает на данном участке при перемещении на местности понижение (такие соседние точки соединяют вогнутой линией) или повышение (точки соединяют выпуклой линией), или чередование понижений и повышений рельефа.

Кроме изогипс, на основании профиля переносят пересечения линии профиля с местоположениями береговых линий озер, прудов, водохранилищ и рек, с указанием с абсолютной отметки глубины этих водоемов, если эти сведения имеются на карте (в противном случае – приблизительно). Все вспомогатель-

ные данные и пояснительные надписи наносят на основание профиля простым карандашом, в дальнейшем они убираются с профиля.

Закончив подготовительную работу, приступают к построению собственно гипсометрического профиля (сначала тоже простым карандашом). Из каждой отмеченной на горизонтальной оси точки восстанавливаются перпендикуляры до соответствующей высоты, на этом уровне ставят на миллиметровке точку. Все полученные таким образом точки соединяются плавной, обычно кривой линией и получают гипсометрическую кривую, изображающую рельеф в вертикальном разрезе.

Следует помнить, что озерам, прудам, водохранилищам и руслам рек всегда соответствуют отрицательные формы рельефа, т. е. значения абсолютных высот по направлению к ним уменьшаются. В местах пересечения профилем таких водных объектов, точки, ограничивающие их берега, соединяют прямой горизонтальной линией – уровень воды в водоеме (водотоке). Дно рисуют схематично вогнутой линией, если известна глубина – ее показывают согласно вертикальному масштабу.

Затем аккуратно заштриховывается вся та часть чертежа, которая лежит между горизонтальной осью (0 м) и профилем, вдоль основания профиля делается разметка по 10 ° широты (широты указываются ниже горизонтальной оси). Над построенным профилем надписываются формы рельефа (надписи ориентируются горизонтально) и основные пункты – населенные пункты, реки, озера и т.п. (надписи ориентируются вертикально).

Затем весь чертеж поднимают черной пастой. Под горизонтальной осью правее графика указывают выбранный горизонтальный масштаб. В нижней части листа по центру располагают название чертежа: *«Гипсометрический профиль участка Калининградской области по линии А-Б»*.

### *3. Графоаналитические приемы картографического анализа.*

Графоаналитические приемы картографического анализа, включающие преимущественно картометрические и морфометрические исследования, заключаются в измерении и исчислении по картам количественных характеристик явлений с оценкой точности получаемых результатов.

В основном эти приемы развивались лишь применительно к топокартам и только в последнее время картометрические, и морфометрические измерения распространились на тематические карты.

К сфере картометрии и морфометрии относят измерения по картам расстояний, длин, высот, площадей, объемов, углов и азимутов, уклонов и других топографических характеристик, среднее количество объектов, приходящихся на единицу площади рассматриваемой территории, средняя протяженность объектов, приходящихся на единицу площади и т.д.

Высоту точки В (м) и вычисленную площадь треугольника АБВ на местности (км<sup>2</sup>) указывают на листе рассматриваемого фрагмента топографической карты Калининградской области. Измеренное по рассматриваемой топографической карте расстояние между заданными точками А и Б (в км), и азимут направления АБ записывают на чертеже с профилем.

Под крутизной склона понимают угол  $\alpha$ , образуемый направлением склона (линия  $c$ ) с горизонтальной плоскостью (линия  $b$ ) в данной точке N и выраженный в угловой мере (рисунок 16).

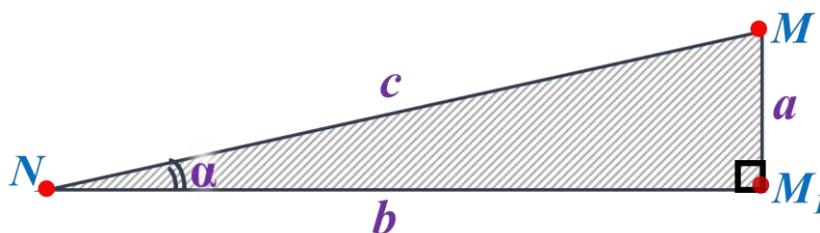


Рисунок 16 – Геометрическая модель наклонной поверхности (вид сбоку):  
 $c$  – наклонная поверхность,  $a$  – ее вертикальная проекция (перепад высот),  
 $b$  – ее горизонтальная проекция,  $\alpha$  – угол наклона (уклон)

Чем больше угол наклона  $\alpha$ , тем круче склон, который в геодезии часто называют скат. Величину крутизны склона, в градусах, которую определяют не менее, чем в трех-четырёх точках вдоль линии построенного гипсометрического профиля (включая как пологие, так и наиболее крутые участки местности), подписывают на линии профиля, в ее соответствующих частях.

Для определения крутизны склона  $\alpha$  можно воспользоваться любой из двух нижеприведенных формул, предварительно определив перепад высот  $a$  и измерив длину склона  $c$  или длину горизонтальной проекции склона  $b$ :

$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

или

$$\tan \alpha = \frac{a}{b}.$$

В качестве другой характеристики крутизны склона служит уклон  $i$ , под которым понимают падение поверхности земли или уровня, отнесенное к единице длины и определяемое формулой:

$$i = \frac{H}{l},$$

где:  $i$  — уклон местности;  $H$  — разность высоты между двумя точками, м;  
 $l$  — расстояние между этими точками, м.

Уклон является безразмерной величиной и его выражают в процентах (%) или промилле (‰), умножив полученное отношение на 100 или 1000 соответственно. Например, результат можно записать как  $i = 0,032 = 3,2 \% = 32 ‰$ .

При характеристике форм рельефа для Калининградской области целесообразно применять шкалу В.К. Жучковой и Э.М. Раковской (2004), которую авторы рекомендовали «для равнинных стран», включающую следующие градации поверхностей по крутизне уклона»:

- $0-1^\circ$  – плоские (субгоризонтальные);
- $1-3^\circ$  – слабонаклонные равнины (очень пологие склоны);
- $3-5^\circ$  – склоны пологие (наклонные равнины);
- $5-7^\circ$  – слабопокатые;
- $7-10^\circ$  – покатые;
- $10-15^\circ$  – сильнопокатые;
- $15-20^\circ$  – крутые;
- $20-40^\circ$  – очень крутые;
- $>40^\circ$  – обрывистые.

*Контрольные вопросы:*

1. Дайте определение понятия «экологическое картографирование».
2. В чем заключаются особенности проведения научных исследований при составлении экологических карт?
3. В чем состоит методика графоаналитических приемов картографического анализа?
4. Какие виды расчетов обычно выполняют при картометрических изысканиях по топографическим картам?
5. Что понимают под картографическим методом исследования?
6. Как определить крутизну склона и величину уклона местности?

### **Лабораторная работа 10 – Комплексное картографическое исследование участка Калининградской области по заданной линии**

*Цель работы:* совершенствовать навыки работы с картой как с информационной моделью территории, формировать умение получить сведения с различных карт и составлять описание ландшафта для разнообразных видов практической и хозяйственной деятельности. Познакомиться с системой топографических знаков.

### *Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Подготовить пояснительную записку к построенному гипсометрическому профилю заданного участка местности Калининградской области для целей природопользования и охраны окружающей среды, которая должна включать характеристику:

- рельефа,
- гидрографических объектов,
- растительности,
- почв,
- ландшафтов,
- населенных пунктов, дорог и степени трансформации ландшафтов.

Пояснительную записку выполняют на ПК в текстовом редакторе Word для Windows в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32-2017, на белых листах формата А4. К тексту пояснительной записки прилагают:

- заданный фрагмент топографической карты Калининградской области с подписанными результатами измерений и вычислений;
- построенный на миллиметровой бумаге формата А4 гипсометрический профиль заданного участка Калининградской области в выполненными результатами измерений и вычислений;
- титульный лист (образец – в Приложении В).

### *Указания к выполнению лабораторной работы:*

#### *1. Условные знаки для топографических планов и карт.*

Условные знаки для топографических карт и планов разных масштабов были утверждены ГУГК при Совете Министров СССР и используются по настоящее время [13].

Такие условные знаки обязательны для всех предприятий, организаций и учреждений, выполняющих топографо-геодезические и картографические работы, независимо от их ведомственной принадлежности.

На топографических картах условными знаками изображаются все объекты местности (реки, населенные пункты, дороги, рельеф, заводы и т. п.). Условные знаки подразделяются на:

- масштабные (контурные),
- внемасштабные,
- пояснительные.

Масштабными условными знаками изображаются объекты местности, выражающиеся в масштабе карты. Размеры таких объектов (длину, ширину, площадь) можно измерить по карте, например: площадь леса, болота, озера, населенного пункта.

Внемасштабными условными знаками показываются объекты местности, не выражающиеся в масштабе карты, например: отдельно стоящее дерево, километровый столб, дом, геодезический пункт и т. п. Такие объекты изображаются в преувеличенном виде, а их точное положение на карте определяется главной точкой условного знака. Так, например, точное положение пункта государственной геодезической сети находится в геометрическом центре фигуры его условного знака.

Пояснительные условные знаки и подписи применяются для дополнительной характеристики объектов местности и показа их разновидностей. Например, фигура хвойного или лиственного дерева на изображении леса показывает преобладающую в нем породу деревьев, поперечные штрихи на условном знаке железной дороги показывают количество путей, а цифры и буквы на условном знаке шоссейной дороги – ширину и материал покрытия. Пояснительные условные знаки и подписи позволяют более полно изучить по карте характер местности.

## *2. Визуальные приемы картографического анализа.*

Визуальный анализ является наиболее употребительным приемом исследования по картам. К нему относят описания, имеющие целью качественную характеристику явлений, изображенных на карте, и позволяющие получить лишь общее представление о них

Уже беглый взгляд на карту порождает при наличии опыта зрительный образ пространства изображенных явлений, например, общее представление о местности по топографической карте. Внимательный просмотр карты позволяет далее (в зависимости от ее содержания):

- увидеть особенности форм и своеобразие пространственного рисунка явлений (например, округлые или лопастные очертания озер, древовидную или решетчатую конфигурацию гидрографической сети, пятнистость почв и т. п.);
- дать содержательную интерпретацию этих форм;
- сопоставить величины показанных объектов (например, соотношение промышленных пунктов по стоимости валовой продукции);
- установить закономерности размещения (например, зональность растительного покрова), сходный характер явлений (например, использования земель) и места их резкой смены (например, на природных рубежах);
- обнаружить пространственные взаимосвязи (например, между рельефом, почвами и растительностью или между природными условиями и сельским расселением); уяснить характер пространственных структур (например, больших городов);
- оценить особенности динамических ситуаций (например, синоптической обстановки) и т. д.

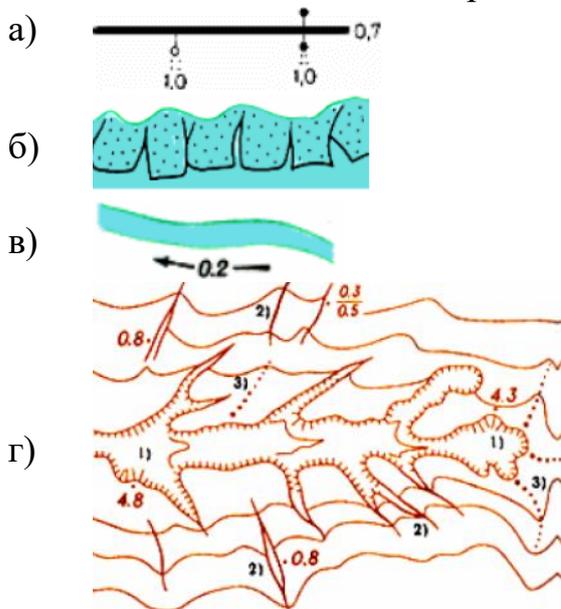
Визуальный анализ всегда используется на первоначальной стадии исследования для общего ознакомления с изучаемыми явлениями и для выбора последующей методики работы, т.е. визуальный анализ предшествует применению других методов картографического исследования.

При визуальном анализе фиксируются общие закономерности, аномальные ситуации и т.д. Объективность анализа во многом зависит от умения читать карту.

Результаты визуального анализа фиксируются в текстовых описаниях изучаемых явлений, при этом должны соблюдаться некоторые обязательные требования, например, важно соблюдать порядок от общего к частному, т.е. сначала дать характеристику основных, определяющих черт, а затем переходить к деталям и частностям.

#### Контрольные вопросы:

1. На какие виды подразделяют условные знаки для топографических карт и планов?
2. Что такое пояснительные условные знаки?
3. В чем состоит методика визуальных приемов картографического анализа?
4. Какие сведения, позволяющие дать качественную характеристику явлений, можно получить при помощи топографических карт и планов?
5. Что обозначают нижеприведенные условные знаки?



## Лабораторная работа 11 – Глазомерная съемка

*Цель работы:* Познакомиться с видами и порядком выполнения глазомерной съемки; научиться выполнять глазомерную съемку и оформлять результаты измерений.

*Задания к лабораторной работе:*

Задание 1. Выполнить глазомерную съемку заданного участка местности.

Задание 2. Оформить результаты проведенных измерений при помощи стандартных условных знаков, применяемых для топографических планов и карт [13].

*Указания к выполнению лабораторной работы:*

*1. Общие понятия о проведении глазомерной съемки. Абрис, азимут, планшет.*

Глазомерная съемка – упрощенная топографическая съемка местности, проводимая с помощью простейших приборов: легкого планшета с закрепленной на нем бумагой и буссоли (или компаса и визирной линейки).

Глазомерная съемка применяется для получения приближенного плана маршрута или построения простейшей карты (схемы) участка местности или водного объекта (озеро, репка, пруд) непосредственно при съемке. Она позволяет в короткий срок получить хотя и схематичный, но наглядный и достаточно подробный план водного объекта или какого-то участка местности. При проведении этой работы измеряются расстояния между ориентирами и азимуты на все повороты маршрута, дороги, тропы, просеки в лесу и другие ориентиры, имеющие значение при построении будущей карты.

Результаты глазомерной съемки прямо в полевых условиях наносят на абрис. Расстояния и азимуты ключевых точек маршрута фиксируют прямо на абрисе и дублируют в отрядном дневнике или дневнике одного из членов отряда в специальной таблице. Способ фиксации данных измерений может зависеть от погодных условий при проведении полевых работ.

Абрис – это черновой схематический чертеж снимаемой местности.

Азимут - это угол, образуемый между направлением на какой-либо предмет местности и направлением на север. Азимуты отсчитываются от 0 до 360° по ходу часовой стрелки. Например, азимут точного направления на север равен 0°, на восток – 90°, на юг – 180° и на запад – 270°.

Чтобы определить азимут направления на какой-либо предмет, с помощью буссоли или компаса производят визирование на этот предмет (визирование – совмещение визирной линии оптического инструмента с направлением на избранную наблюдателем удаленную точку или на небесное светило).

Одним из простейших способов определения расстояний на местности, но более или менее точным является способ определения расстояний шагами (или парами шагов). Длина шага зависит от роста человека. У каждого она имеет свою длину. Кроме того, нужно иметь в виду, что на длину шага влияет нагрузка и степень усталости съемщика.

Дистанционные измерения расстояний можно осуществлять приемами видимости объектов глазом, определения расстояний по линейным размерам предметов.

## *2. Маршрутная глазомерная съемка.*

Маршрутная глазомерная съемка применяется при составлении плана участка, вытянутого в длину (например, реки).

Глазомерная съемка ведется обходом участка по дорогам, берегу реки, пруда, озера, опушке леса, вдоль линии связи и т. п. Направления, по которым ведется съемка, называются ходовыми линиями, а опорные точки, на которых определяются и прочерчиваются направления новых ходовых линий, – станциями.

Порядок выполнения маршрутной глазомерной съемки:

1. После предварительного осмотра снимаемого участка местности намечают ходовые линии по маршруту.

2. На первой станции:

2.1. Ориентируют планшет по сторонам горизонта.

2.2. Обозначают опорную точку.

2.3. Определяют направления на характерные точки местности способом кругового визирования.

2.4. Переходят на станцию 2, определяя расстояние до нее любым способом. Расстояния до объектов, отражаемых на плане, определяют при визировании направлений с разных остановок.

3. На второй станции:

3.1. Откладывают в выбранном масштабе пройденное расстояние.

3.2. Визируют и прочерчивают направления на объекты, отражаемые на плане. Местоположение этих предметов получают на чертеже прямой засечкой.

3.3. Объекты изображают на плане условными знаками. Следует делать их описание и дублировать азимуты и расстояния в дневнике.

4. На третьей станции:

4.1. Положение третьей станции было определено засечкой с двух первых станций. Отложив для контроля пройденное расстояние, убеждаются, что ее положение определено точно. После нанесения на планшет ближайших местных предметов и деталей рельефа вокруг станции двигаются по направлению к исходной станции 1.

4.2. Имея на планшете почти полностью составленную схему, выбирают такое место, с которого хорошо виден весь участок. Здесь окончательно вычерчивают схему местности, проверяют, все ли важные объекты нанесены, показывают характерные ориентиры на данном участке.

### *3. Полярная глазомерная съемка.*

Полярная глазомерная съемка – съемка местности с одной точки стояния. Она применяется, когда на чертеже требуется или показать небольшой открытый участок местности, расположенный непосредственно вокруг точки стояния, или заданный сектор (пруд, небольшое озеро, участок реки). В том и другом случае все объекты местности (предметы, которые необходимо будет указать на плане) должны хорошо просматриваться. Полярную глазомерную съемку удобно выполнять способом кругового визирования.

Порядок выполнения полярной глазомерной съемки:

1. Наблюдатель с планшетом встает на исходной точке. Для этого на лист бумаги наносят точку стояния так, чтобы снимаемый участок поместился на этом листе. Например, если наблюдатель стоит в центре снимаемого участка, то и точку стояния следует обозначить в центре листа бумаги; если наблюдатель находится в одном из углов или на краю участка, то и точку на бумаге следует поставить в соответствующем углу или на краю листа бумаги.

2. Производят ориентацию планшета по сторонам горизонта: в верхнем левом углу на нем прочерчивают направление север-юг. Удобнее работать, если планшет закреплен на каком-либо предмете (пне, перилах моста и т.д.)

3. Определяют масштаб съемки, для чего сопоставляют размеры участка и размеры бумаги, на которой будет вычерчен план местности (для удобства последующих вычислений масштаб необходимо округлить в сторону уменьшения, например, если выяснилось, что снимаемый участок может уместиться на подготовленный планшет в масштабе не крупнее 1:17 000, то удобнее взять более мелкий масштаб 1:20 000).

4. Определяют направления и измеряют расстояния до всех объектов на местности, которые впоследствии должны быть отражены на плане. Полученный угол (результат округляют до целых градусов) откладывают с помощью транспортира на планшете от направления на север и дублируют в дневнике.

5. Переводят полученные расстояния в выбранный масштаб и откладывают их на соответствующих линиях направлений от точки стояния. Полученные на направлениях точки укажут местоположение предметов на чертеже.

6. Вычерчивают в местах точек условные знаки нанесенных предметов, относительно которых глазомерно наносят остальные детали местности, находящиеся непосредственно около точки стояния, а также расположенные между нанесенными ориентирами или около них.

Контрольные вопросы:

1. Как изготовить планшет?
2. Для чего служит буссоль? Объясните ее устройство. Расскажите, как ею пользоваться?
3. Для чего нужна визирная линейка?
4. Что такое глазомерная съемка?
5. Назовите виды глазомерной съемки, опишите их.
6. Расскажите порядок проведения глазомерной съемки.
7. Как и каким образом ориентируют планшет?
8. Что такое азимут? Как его определить при помощи буссоли или компаса?
9. Расскажите о способах съемки местности.
10. Какими способами можно измерить расстояния на местности?
11. Объясните принцип определения расстояний по линейным размерам предметов.

## Заключение

Лабораторные занятия раздела «Картографические методы представления и анализа экологической информации» дисциплины «Пространственный анализ экологической информации» могут проходить в разных формах, но при любой его форме, обязательной для студента является самостоятельная работа с литературой, предшествующая занятию и последующая за ним. Предварительная самостоятельная работа важна для качественного выполнения лабораторных заданий, а также для полноценного усвоения знаний, умений и навыков.

При подготовке к лабораторным занятиям рекомендуется активно использовать ресурсы сети Интернет: можно пользоваться размещенными там электронными учебниками, хрестоматиями, справочниками и энциклопедиями, картами и атласами. Необходимо использовать электронные атласы и карты, официальные сайты научных изданий.

Студенты, пропустившие занятие, могут быть аттестованы по данной теме только после выполнения соответствующей лабораторной работы и сдачи ее преподавателю. Промежуточная аттестация по дисциплине «Картографирование природопользования», предусмотренная учебной программой во втором семестре, проводится по результатам текущей аттестации. Таким образом, зачет по дисциплине «Картографирование природопользования» (раздел «Картографические методы представления и анализа экологической информации») выставляется по результатам выполнения и успешной защиты всех лабораторных работ, а также сдачи тестов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Рекомендуемая литература:

- 1 Географический атлас для учителей сред. шк. [Текст], 4-е изд. – Москва: Гл. упр. геодезии и картографии при Совете М-ов СССР, 1983. – 238 с.
- 2 Географический атлас Калининградской области. – Калининград: Изд-во КГУ; ЦНИТ, 2002. – 276 с.
- 3 Географический атлас мира [Текст]: науч. изд. / ред.: Я. Турлайс. – Рига: Яня Сета; Москва: РОСМЭН, 2002. – 104 с.
- 4 Геоэкологическое картографирование: учебное пособие для вузов по направлению «Экология и природопользование» / под ред. Б.И. Кочурова. – Москва: Академия, 2009. – 192 с.
- 5 Гончаров, Е.А. Экологическое картографирование: практикум / Е.А. Гончаров, М.А. Ануфриев. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – 84 с.
- 6 Калининград. Экологический атлас. – СПб.: НИИ Атмосфера, 1999. – 35 с.
- 7 Калининградская область: Географический атлас / Гл. ред. В. В. Орленок, зам. гл. ред. Г. М. Федоров. – Калининград: Мастерская «Коллекция», 2011. – 96 с.
- 8 Калининградская область. Топографическая карта 1 : 200 000. Москва, 1995.
- 9 Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс] – URL: <https://pkk5.rosreestr.ru>.
- 10 Старые карты Калининграда и Калининградской области, Кенигсберга и Восточной Пруссии. [Электронный ресурс] – URL: <http://www.etomesto.ru>.
- 11 Стурман В.И. Экологическое картографирование: учебное пособие для вузов / В.И. Стурман. 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2022. – 180 с.
- 12 Топографическая карта Калининградской области ГУГК СК-63. Москва, 1955.
- 13 Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000, 1 : 500. – Условные знаки топографических карт Роскартография. – Москва: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. – 287 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Фрагмент топографической карты Калининградской области



Примечание: сторона квадрата на местности соответствует 1000 м.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

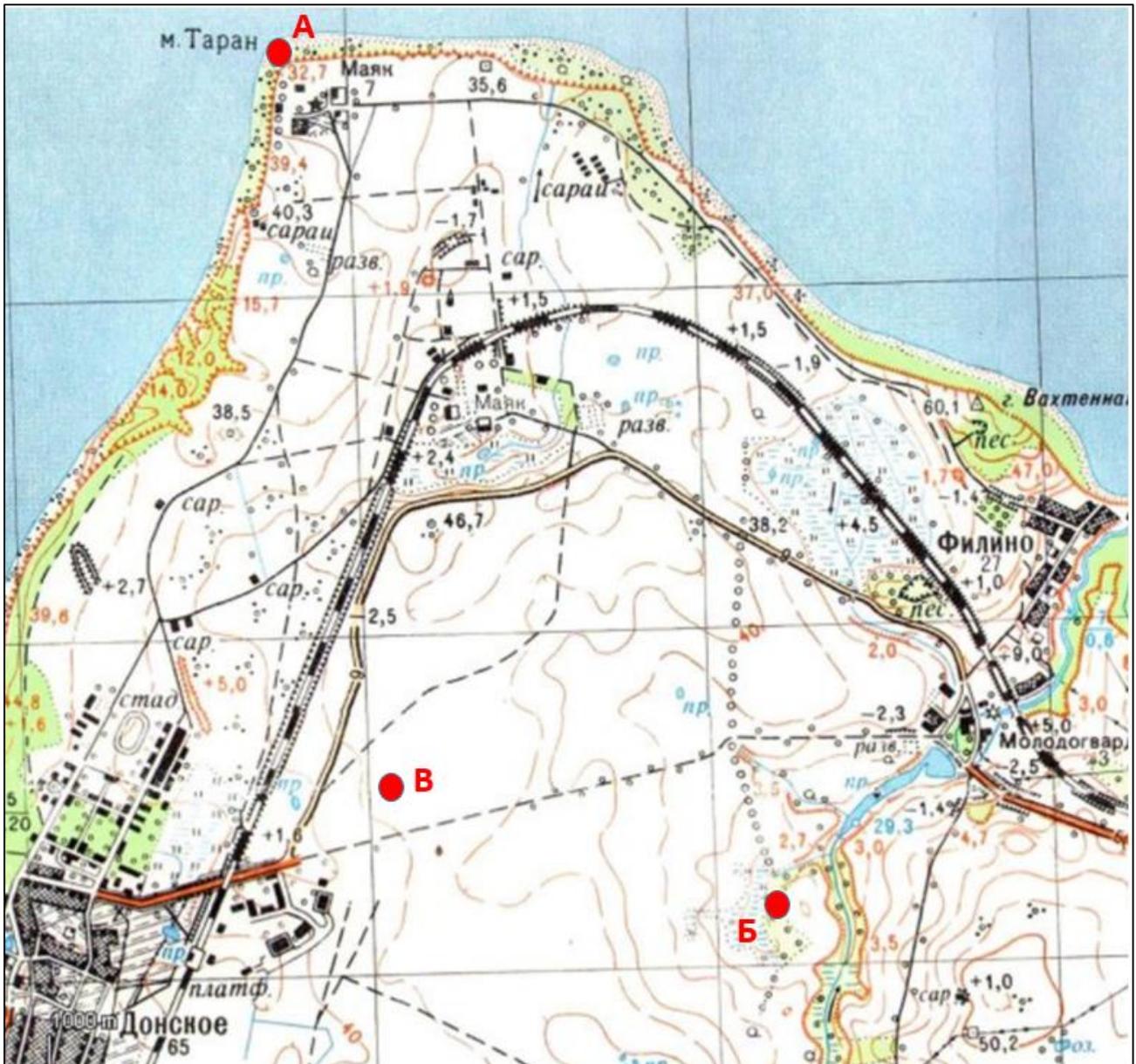
Варианты заданий для лабораторной работы № 9 «Составление гипсометрического профиля участка местности Калининградской области для целей природопользования и охраны окружающей среды»

Вариант 1



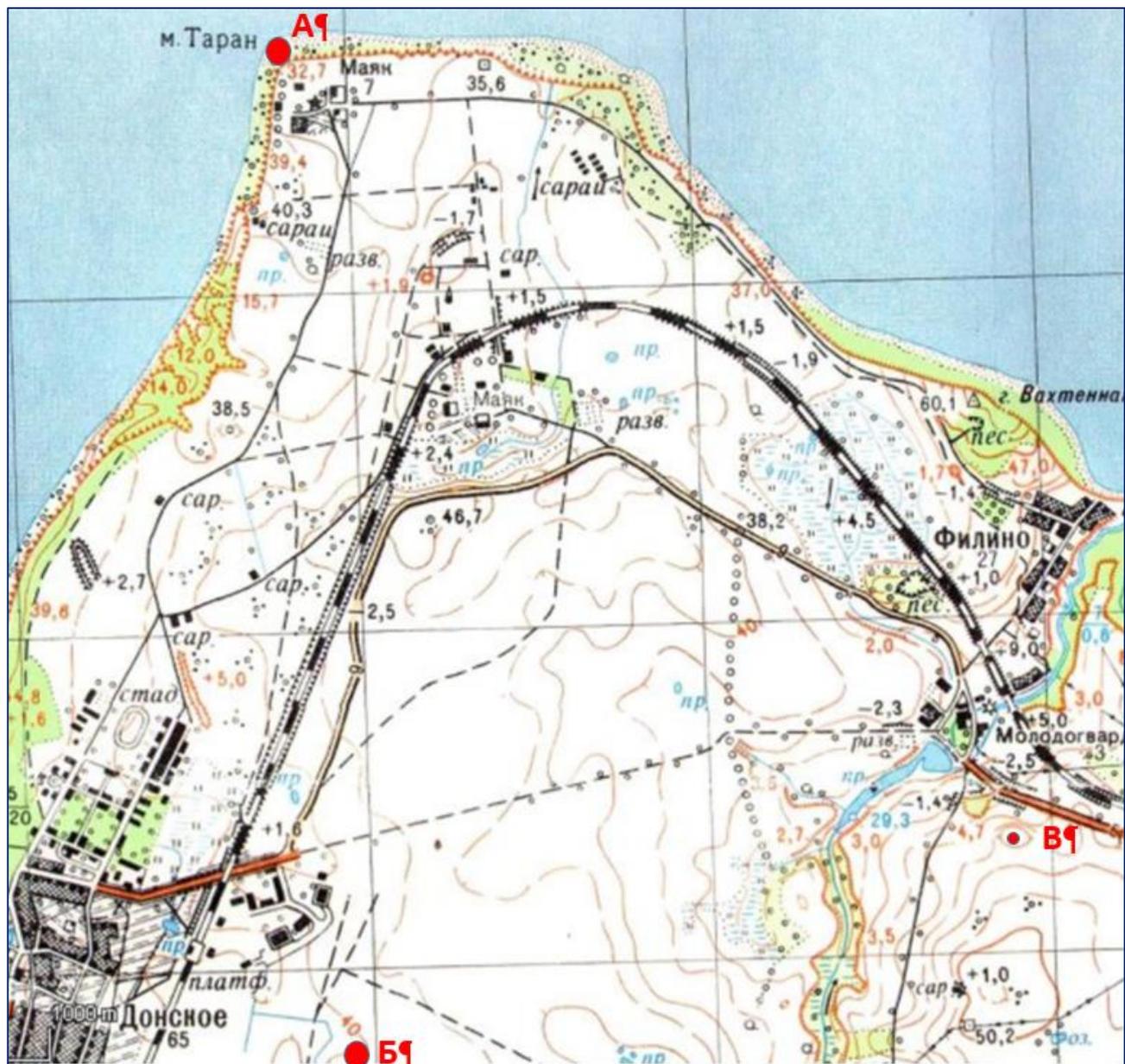
Примечание: сторона квадрата на местности соответствует 1000 м.

Вариант 2



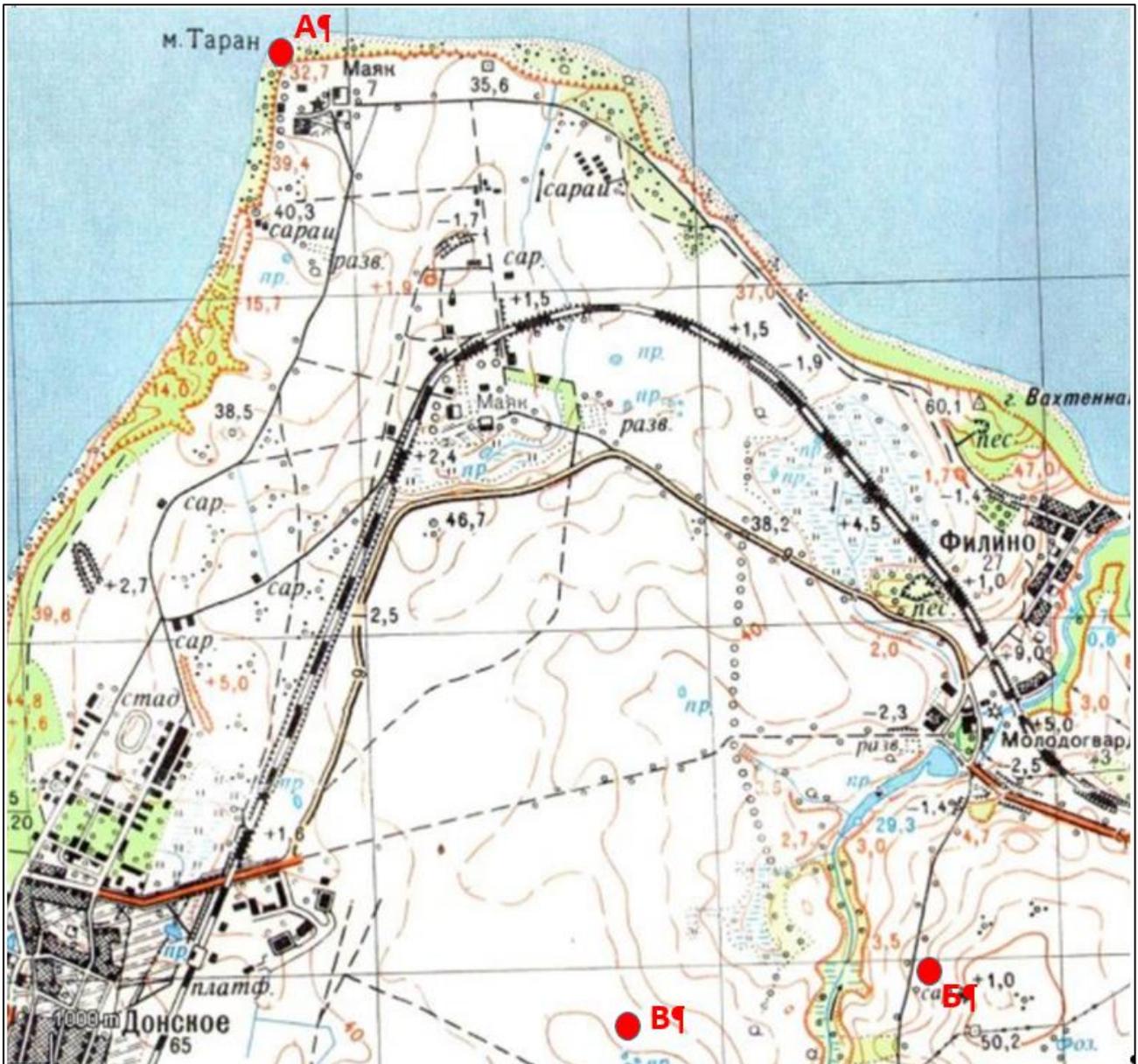
Примечание: сторона квадрата на местности соответствует 1000 м.

### Вариант 3



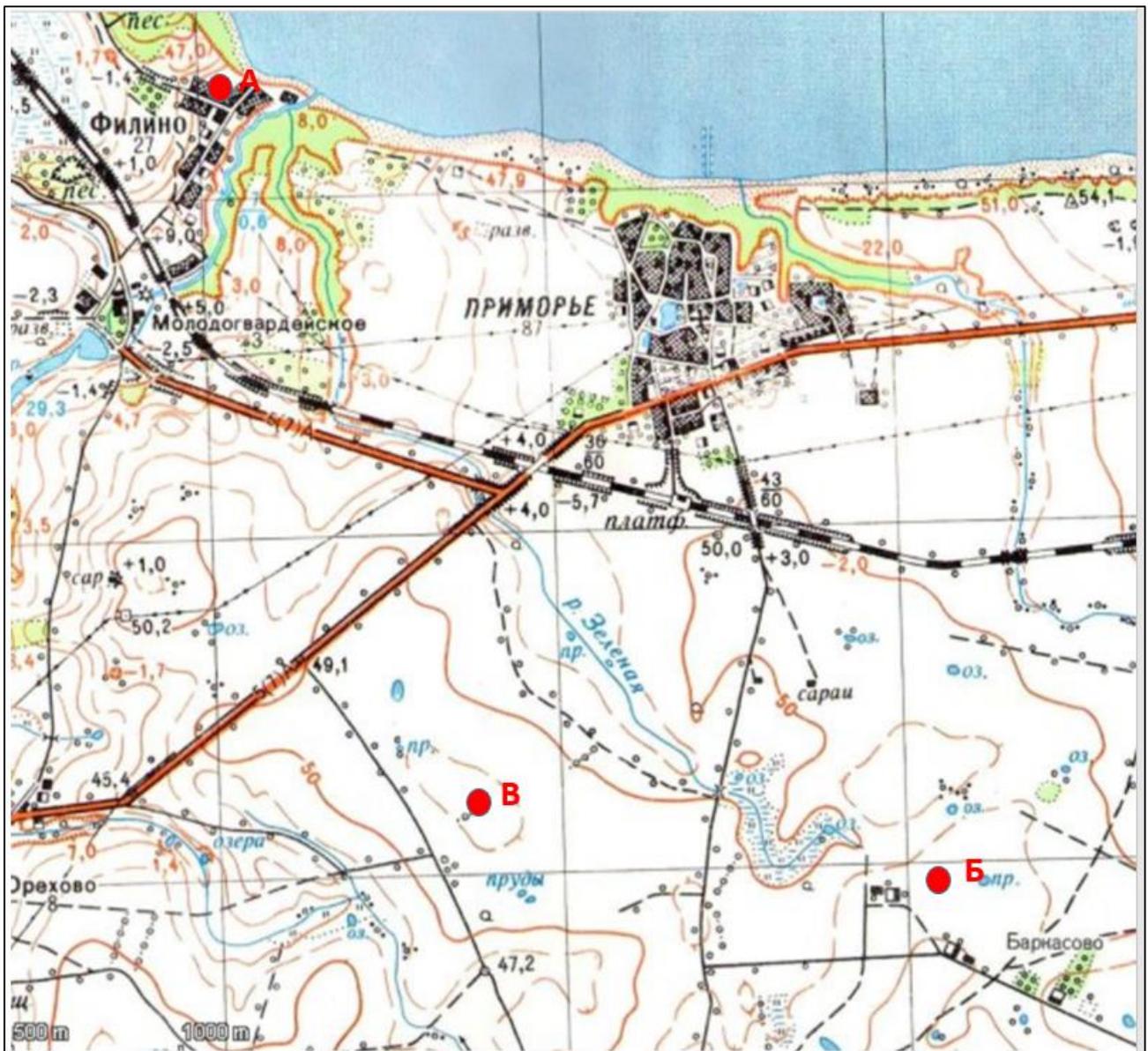
Примечание: сторона квадрата на местности соответствует 1000 м.

Вариант 4



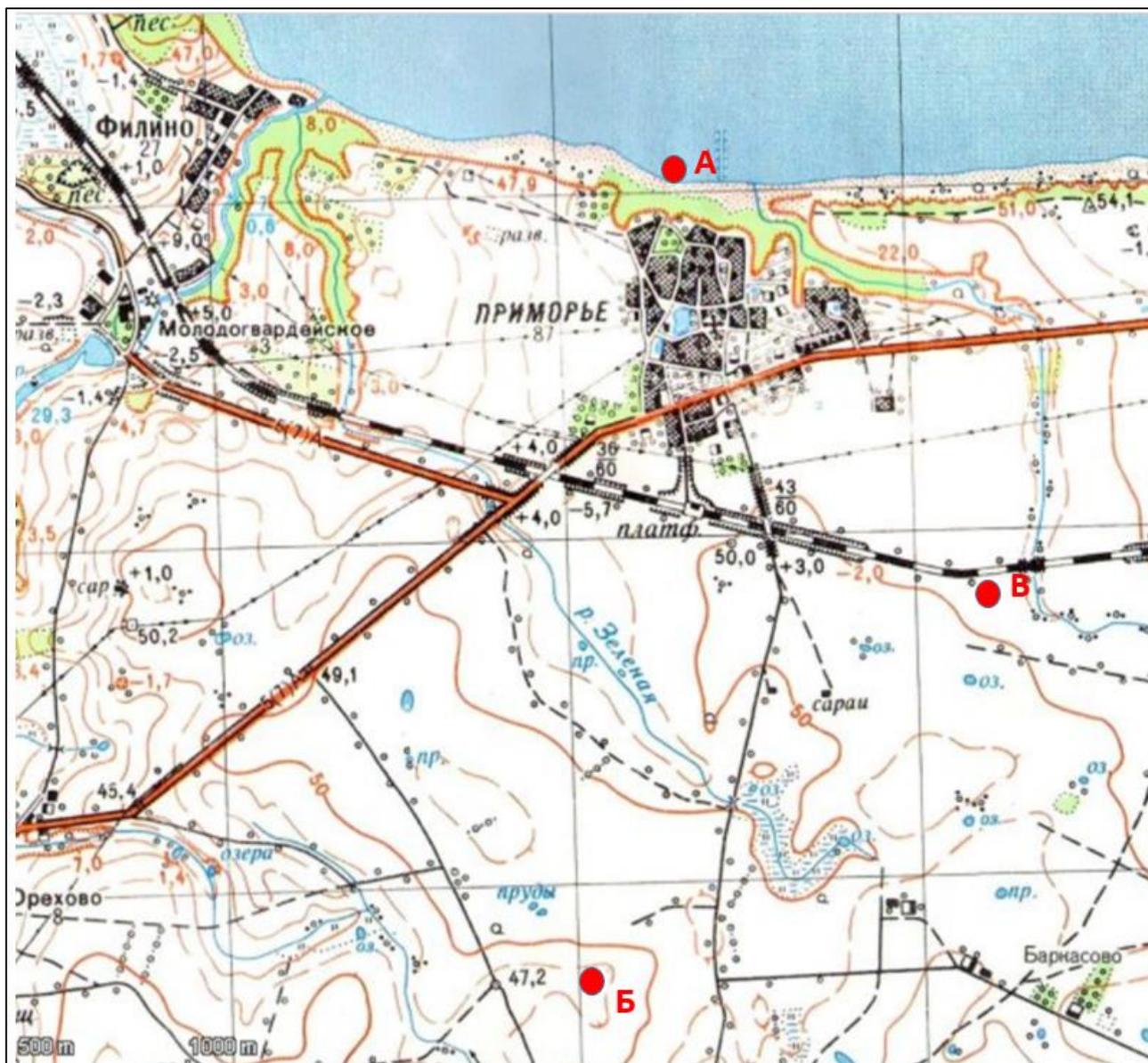
Примечание: сторона квадрата на местности соответствует 1000 м.

## Вариант 5



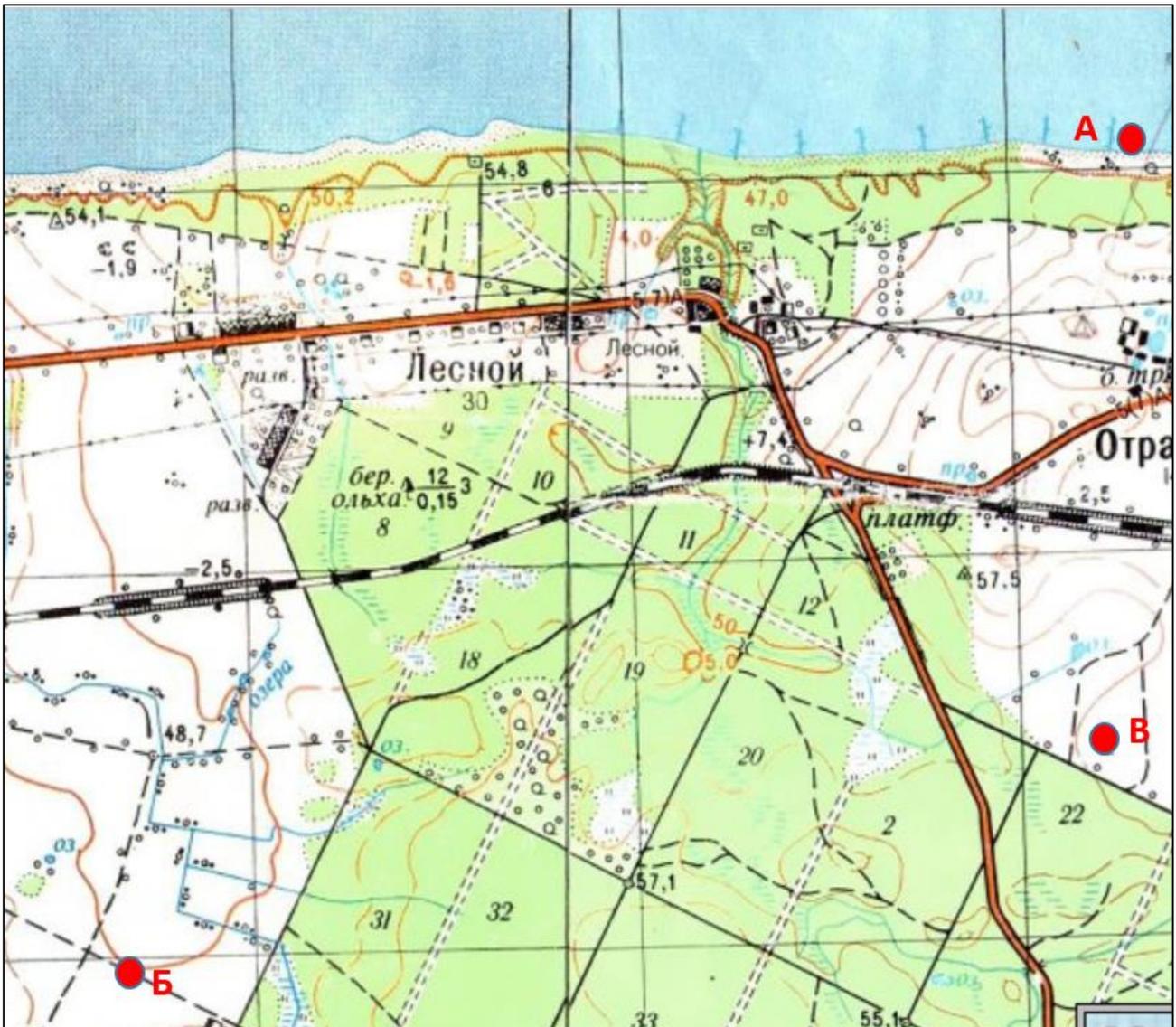
Примечание: сторона квадрата на местности соответствует 1000 м.

## Вариант 6



Примечание: сторона квадрата на местности соответствует 1000 м.

Вариант 7



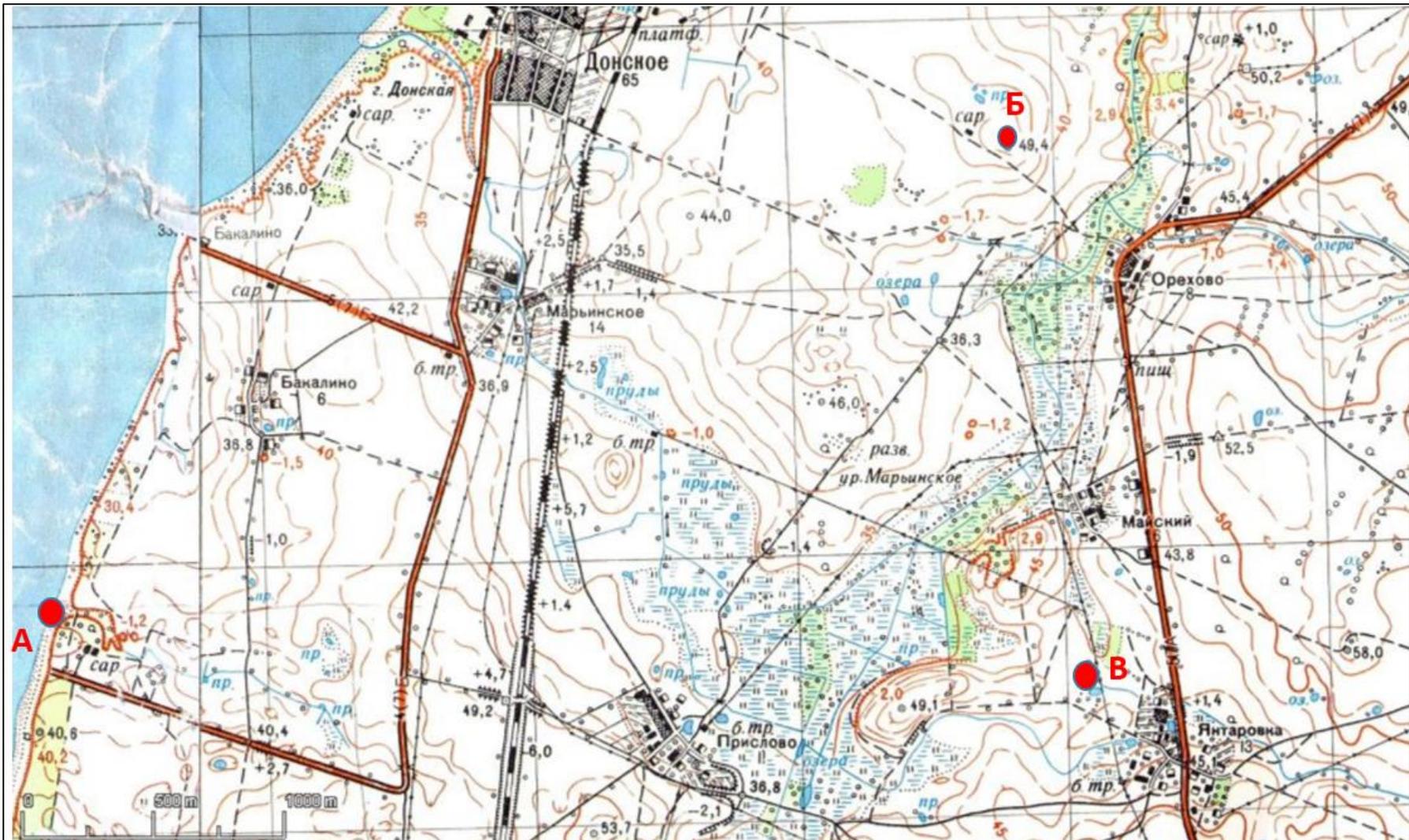
Примечание: сторона квадрата на местности соответствует 1000 м.

## Вариант 8



Примечание: сторона квадрата на местности соответствует 1000 м.

Вариант 9



Примечание: сторона квадрата на местности соответствует 1000 м.

Вариант 10



Примечание: сторона квадрата на местности соответствует 1000 м.

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Образец оформления титульного листа пояснительной записки к гипсометрическому профилю участка местности Калининградской области (лабораторная работа № 10)

The diagram shows a rectangular layout for a title page. It consists of an outer grey border and an inner white rectangle. Dimensions are indicated with arrows: 20 mm at the top and bottom, 30 mm on the left, and 15 mm on the right. The text is centered within the white area. The top right corner of the grey border is labeled "Край листа".

Край листа

20 мм

Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)  
КАФЕДРА ВОДНЫХ БИОРЕСУРСОВ И АКВАКУЛЬТУРЫ

Лабораторная работа принята  
с оценкой  
Руководитель  
канд. геол.-мин. наук  
Н.А. Цупикова

30 мм

15 мм

КОМПЛЕКСНОЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
УЧАСТКА КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ЛИНИИ А-Б

Лабораторная работа по дисциплине  
«Пространственный анализ экологической информации»

Выполнил  
студент гр. 2ХЭП/б – Х  
И.О. Фамилия

202Х

20 мм

Примечание: знак «Х» на титульном листе заменить соответствующей цифрой.

Локальный электронный методический материал

Цупикова Надежда Александровна

**ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
(РАЗДЕЛ «КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ  
И АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ»)**

*Редактор И. Голубева*

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л. 5,6. Печ. л. 4,8.

Федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»,  
236022, Калининград, Советский проспект, 1