

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра инженерной геодезии

Отчёт по практической работе №4

По дисциплине

Картография

Тема: Определение площадей объектов по картам

Выполнил: студент гр. ГК-22 _____ Токмина Е.Е.
(шифр группы) (подпись) (Ф.И.О.)

Оценка:

Дата:

Проверил: доцент _____ Копылова Н.С.
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Санкт-Петербург

2023

Цель работы: научиться измерять площадь различных географических объектов по картам различных масштабов и обрабатывать результаты измерений различными способами.

Оборудование: топографическая карта У-34-37-В-в-4 масштаба 1:10 000, географическая карта Юго-Западная Азия масштаба 1:20 000 000, трафарет, палетка, электронный планиметр.

Исходные данные: лес Северный (фрагмент топографической карты масштаба 1:10 000 У-34-37-В-в-4), территория республики Афганистан на карте масштаба 1:20 000 000.

Общие сведения:

Топографическая карта - крупномасштабное изображение земной поверхности, позволяющее определять с высокой точностью как плановое, так и высотное положение изображенных на ней пространственных объектов в установленной равноугольной поперечно-цилиндрической проекции Гаусса-Крюгера (1939 г.), действующих системах координат ГСК-2011 и Балтийской системе высот 77 (1977). (Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 30.12.2015 №431-ФЗ).

Географическая карта – уменьшенное, искажённое, обобщённое изображение поверхности Земли, других небесных тел и небесной сферы, построенное по математическому закону на плоскости и показывающее посредством условных знаков размещение и свойства объектов, связанных с этими поверхностями.

Реальная фигура Земли имеет сложную структуру, по этой причине её нельзя описать математически, поэтому используют приближенные модели. Такой моделью является геоид.

Система координат - установленные правила соотнесения цифровых значений координат и точек пространства. (Федеральный закон «О геодезии, картографии и пространственных данных и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 30.12.2015 №431-ФЗ).

Картографическая сетка – изображение на карте линий меридианов и параллелей (географической сетки), отражающих значение долгот, счёт которых ведётся от начала Гринвичского меридиана, и широт, которые отсчитываются от экватора. Картографическая сетка связана с геодезической системой координат. (Берлянт А.М. Картография – М. 2002).

Геодезические координаты – угловые величины (широта и долгота), определяющие положение точек земной поверхности, принятого за начальный. (Чугреев И.Г., Усов Н.В., Владимирова М.Р. Основы геодезии: учебно-методическое пособие. – М.: МИИГАиК, 2017).

Геодезическая широта B – угол между нормалью поверхности земного эллипсоида в данной точке и плоскостью экватора. (Серапинас Б. Математическая картография: Учебник для вузов – М.: Издательский центр «Академия», 2005).

Геодезическая долгота L - двугранный угол между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана, проходящего через данную точку. (Серапинас Б. Математическая картография: Учебник для вузов – М.: Издательский центр «Академия», 2005).

Все карты можно классифицировать по различным существенным признакам:

1) По масштабу:

Планы (1:500, 1:1 000, 1:2 000, 1:5 000)

Крупномасштабные (1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000)

Среднемасштабные (1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000)

Мелкомасштабные (мельче 1:1 000 000)

2) По содержанию:

-Общегеографические

-Тематические

-Специальные

Свойства карты:

- 1) **Математический закон построения (основной)** – применение специальных картографических проекций, позволяющих перейти от сферической поверхности Земли к плоскости карты.
- 2) **Знаковость изображения** – использование особого условного языка картографических символов.
- 3) **Генерализованность карты** – отображение и обобщение изображаемых объектов.
- 4) **Системность отображения действительности** – передача элементов и связей между ними, отображение иерархии геосистем.

Требования к карте:

- 1) **Полнота** – связана с отображением всех пространственных объектов актуального содержания.
- 2) **Точность** – связана с выполнением основных требований, предъявляемых к положению пространственных объектов и, как следствие, к математической основе (соответствие положения объекта на карте его реальному положению).
- 3) **Наглядность** – связана с грамотным размещением и оформлением знаковых систем на карте.
- 4) **Удобство пользования** – связано с удобным форматом работы над картой в аналоговом виде.

В зависимости от конфигурации контуров все площадные объекты можно разделить на 2 группы:

- 1) С прямолинейным контуром
- 2) С криволинейным контуром

В рамках практической работы в качестве примера прямолинейного контура – лес Северный, криволинейного – территория республики Афганистан.

В зависимости от масштаба карты способы определения площади разные.

- 1) Аналитический
- 2) С помощью палетки (графический)
- 3) Геометрический
- 4) Электронным планиметром

1) Аналитический способ.

Данный способ используется при определении площадей участков правильной формы на топографической карте, он также считается одним из самых точных. Заключается в разбиении контура объекта на прямолинейные участки, узловые точки которых можно зафиксировать в прямоугольной системе координат, т.е. у каждой узловой точки существует координата.

$$2P = \sum \ddot{u} \ddot{u}$$

В зависимости от количества вершин измеряемый контур участка будет описывать контур n-угольника.

Средняя квадратическая ошибка:

$$m_p = a_n * m_i * L(2)$$

где m_i – ошибка положения всех вершин многоугольника

L – периметр данного многоугольника в м

a_n – коэффициент, зависящий от n , где n - количество вершин

$$a_n = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{n}\right)}{\sqrt{2 * n}} (3)$$

Плоские прямоугольные координаты определяют в линейных величинах положение точки на плоскости двух взаимно-перпендикулярных линий, называемых осями координат.

2)С помощью палетки(графический).

Используется для определения площадей участков неправильной формы. Для данного способа необходимо использовать трафарет палетки, по которой определяется цена деления квадрата палетки.

Палетка – сетка квадратов с заданной стороной.

Цена деления квадрата палетки – это количество гектар, которое укладывается в минимальное деление данной палетки.

$$P = a * n(6)$$

где a - цена деления квадрата палетки (см. трафарет), n - количество точек по рядам.

Картографическая сетка – изображение на карте линий меридианов и параллелей (географической сетки), отражающих значение долгот, счёт которых ведётся от начала Гринвичского меридиана, и широт, которые отсчитываются от экватора. Картографическая сетка связана с геодезической системой координат. (Берлянт А.М. Картография – М. 2002).

Картографическая трапеция – трапеция, образованная двумя параллелями и меридианами, проходит по внутренней рамке топографической карты.

Средняя квадратичная ошибка:

$$m_p = 0,03 * \sqrt{P}(7)$$

3) Геометрический способ.

Используется для определения площадей участков правильной формы, изображённых на топографических картах. Заключается в разбиении контура объекта на геометрические фигуры (обычно треугольники). Далее по формулам геометрии определяют площадь каждого треугольника и складывают (формула Герона).

$$P = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)} \quad (4)$$

где a, b, c – длины сторон треугольника, p – полупериметр.

Средняя квадратичная ошибка определения площади:

$$\frac{m_p}{P} = 1, \frac{5 * m_t}{l} \quad (5)$$

где l – средняя длина всех сторон в мм, m_t – средняя ошибка положения точек многоугольника.

4) Электронным планиметром.



Планиметр — прибор, служащий для простого механического определения площадей замкнутых контуров, прорисованных на плоской поверхности.

Электронный планиметр состоит из массивного ролика, к которому присоединён трассер, содержащий плато, плечо и линзу трассера. На лицевой стороне плато расположены дисплей и функциональные кнопки, а на обратной – устройство измерительного ролика и батарея.

Последовательность действий при работе с электронным планиметром:

- 1) Проверить исправность прибора и определить цену деления.
- 2) Включить прибор, выбрать нужные единицы измерения и масштаб карты, на которой находится измеряемый участок.
- 3) Установить марку на начальную точку контура участка и нажать кнопку START.
- 4) По часовой стрелке обвести контур, после возвращения на исходную точку нажать кнопку MEMO и записать результаты измерений.
- 5) Очистить память и произвести повторные измерения.

$$P = a * \bar{P} \quad (8)$$

где a – цена деления планиметра

$$\bar{P} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3} \quad (9)$$

где \bar{P} – средняя величина

Средняя квадратичная ошибка: $m_p = 0,03 * \sqrt{P}$

Ход работы:

1. Аналитический способ.

Рисунок 1 – Фрагмент топографической карты У-34-37-В-в-4 масштаба 1:10 000

№ точки	Прямоугольные координаты	
	x, м	y, м
1	6 068 398	4 312 679
2	6 068 582	4 312 794
3	6 068 710	4 313 070
4	6 068 710	4 313 290
5	6 068 521	4 313 442
6	6 068 134	4 313 180
7	6 068 172	4 312 934
8	6 068 332	4 312 990

$$2P = \sum [x_i * (y_{i+1} - y_{i-1})]$$

$$x_1 * (y_2 - y_8) = 6068398 * (4312794 - 4312990) = -1189406008 \text{ м}^2$$

$$x_2 * (y_3 - y_1) = 6068582 * (4313070 - 4312679) = 2372815562 \text{ м}^2$$

$$x_3 * (y_4 - y_2) = 6068710 * (4313290 - 4312794) = 3010080160 \text{ м}^2$$

$$x_4 * (y_5 - y_3) = 6068710 * (4313442 - 4313070) = 2257560120 \text{ м}^2$$

$$x_5 * (y_6 - y_4) = 6068521 * (4313180 - 4313290) = -667537310 \text{ м}^2$$

$$x_6 * (y_7 - y_5) = 6068134 * (4312934 - 4313442) = -3082612072 \text{ м}^2$$

$$x_7 * (y_8 - y_6) = 6068172 * (4312990 - 4313180) = -1152952680 \text{ м}^2$$

$$x_8 * (y_1 - y_7) = 6068332 * (4312679 - 4312934) = -1547424660 \text{ м}^2$$

$$P = \frac{523112}{2} = 261556 \text{ м}^2 = 26,1556 \text{ га} = 0,261556 \text{ км}^2$$

$$P_{128} = \sqrt{435,23 * 219,95 * 97,72 * 177,56} = 33162 \text{ м}^2$$

$$P_{238} = \sqrt{504,14 * 199,90 * 186,47 * 117,77} = 47043 \text{ м}^2$$

$$P_{348} = \sqrt{544,48 * 324,48 * 158,11 * 61,90} = 41582 \text{ м}^2$$

$$P_{458} = \sqrt{607,52 * 364,98 * 124,94 * 117,60} = 57078 \text{ м}^2$$

$$P_{568} = \sqrt{615,84 * 148,49 * 341,42 * 125,92} = 62707 \text{ м}^2$$

$$P_{678} = \sqrt{346,43 * 97,51 * 72,01 * 176,91} = 20745 \text{ м}^2$$

$$P = P_{128} + P_{238} + P_{348} + P_{458} + P_{568} + P_{678} = 262311 \text{ м}^2 = 26,2311 \text{ га} = 0,262311 \text{ км}^2$$

Средняя квадратичная ошибка:

$$\frac{m_p}{P} = 1, \frac{5 * m_t}{l}$$

$$\frac{m_p}{P} = \frac{1,5 * 3,2}{319720} = \frac{1}{66608} < \frac{1}{2000}$$

Разница между площадями, полученными в первом и третьем способах составила 755 м² что в процентном соотношении составляет 0,3%.

Определение площади Афганистана

1. Графический способ

Определяем площадь картографической трапеции с помощью приложения 3

$$P_{30-40} = P_{30-31} + P_{31-32} + P_{32-33} + P_{33-34} + P_{34-35} + P_{35-36} + P_{36-37} + P_{37-38} + P_{38-39} + P_{39-40} = 101149,52 \text{ км}^2$$

$$P_{20-30} = P_{20-21} + P_{21-22} + P_{22-23} + P_{23-24} + P_{24-25} + P_{25-26} + P_{26-27} + P_{27-28} + P_{28-29} + P_{29-30} = 111688,41 \text{ км}^2$$

Определяем цену деления квадрата палетки

$$a_1 = \frac{P_{30-40}}{n} = \frac{101149,52}{99} = 1021,71$$

$$a_2 = \frac{P_{20-30}}{n} = \frac{111688,41}{106} = 1053,66$$

определяем площадь Афганистана

$$P_1 = a_1 * n_1 = 72030,56 \text{ км}^2$$

$$P_2 = a_2 * n_2 = 5268,3 \text{ км}^2$$

$$P = (P_1 + P_2) * 10 = 772988,6 \text{ км}^2$$

Средняя квадратичная ошибка

$$m_p = \pm 0.03 * \sqrt{P} = 26,38 \text{ км}^2$$

Рисунок 3 фрагмент географической карты Юго-Западной Азии

Разница между истинной (652 860км²) и вычисленной составила 120 128,6 км², в процентах 18,4%

Вывод:

Таким образом, на выбор способа по определению площади географического объекта влияет 2 фактора: контур объекта и масштаб карты. При этом картографические таблицы применимы для карт масштабов 1:500 000 и мельче, так как размер квадрата кратен 1°.

Также, сравним наши полученные результаты по определению площади леса Северного, принимая значения аналитического способа за эталон.

способ	аналитический	графический	геометрический
площадь	261 556м ²	254 400м ²	262 311м ²
отношение в %	-	2,7%	0,3%

Из сведений, представленных выше, можно сделать вывод о том, что очень точным является геометрический способ, так как разница с эталонным значением достаточно мала (судя по процентному соотношению). Стоит упомянуть, что важной составляющей аналитического и геометрического способов является правильность определения прямоугольных координат, хотя во втором случае немаловажную роль играет и округление полученных значений, ведь оно может существенно исказить полученный результат. Графический же способ менее точный, хотя на топографических картах расхождения не являются очень большими.

Также о достаточно погрешности графического способа свидетельствуют результаты вычислений площади Афганистана, ведь расхождение составило 18,4%. Большую роль сыграли искажения самой карты, потому что географические карты делаются больше для обзора и не обладают большой точностью. Также своё место имело личное восприятие исполнителя на счёт положения точек, тем более была использована палетка с достаточно большим расстоянием между точками (5мм). Если взять более мелкую палетку, то результат получится точнее. Поэтому суммарное влияние всех факторов и дало такую большую погрешность.



Рисунок 4. Карта Афганистана с сервиса Яндекс карты

Истинная площадь Афганистана взята с данного источника: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%84%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD>