

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Для определения площадей географических объектов и контуров по картам используются планиметры и палетки. Измерения лучше выполнять на картах, составленных в равновеликих по характеру искажений проекциях, где не требуется вводить поправки за искажения площадей. Для других видов проекций известно, что величина искажения площадей зависит от площади картографируемой территории и она не должна превышать точность применяемых методов для измерения площадей. Если принять, что относительная точность определения планиметром и палетками составляет 1-2 %, то для измерения площадей могут быть рекомендованы карты территории протяжённостью не более 1000 км. Поэтому из других видов проекций наиболее подходят нормальные конические равнопромежуточные, которые чаще всего применяются для картографирования отдельных государств.

Перед началом измерительных работ необходимо определить вид проекции, характер, величину и распределение её искажений, в первую очередь, площадей.

1. ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ПЛАНИМЕТРОМ

Наиболее употребителен полярный планиметр (рис.9).

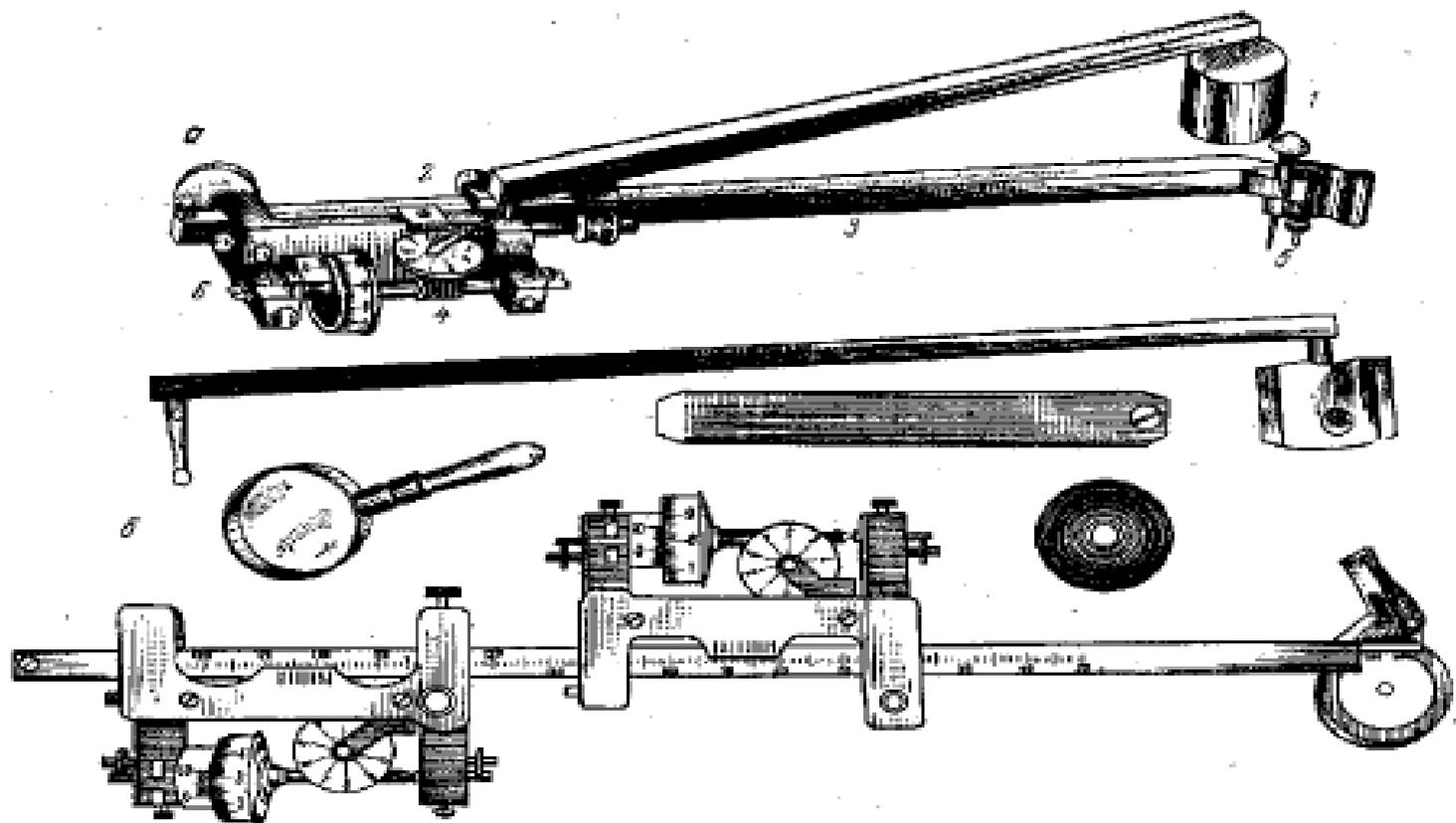


Рис. 9. Полярные планиметры:

а – с одним счётным механизмом;

б – с двумя счётными механизмами

Он состоит из двух рычагов: полюсного 1 и обводного 2. На одном конце полюсного рычага имеется груз 3, где помещается игла, закрепляемая неподвижно во время измерения и являющаяся, таким образом, полюсом. На втором его конце закреплена вертикальная ось 4 инструмента, с помощью которой этот рычаг соединяется с обводным. На обводном рычаге имеется обводной шпиль 5 или обводная марка, а на другом его конце - счётный механизм 6, в виде каретки, которая может передвигаться на обводном рычаге, изменяя, таким образом, его длину. Для этого на обводном рычаге имеется шкала с делениями 7 (рис.9), а на счётном механизме - верньерное устройство 8, позволяющее точно устанавливать длину рычага, от чего зависит цена деления счётного механизма.

Счётный механизм (рис.10) состоит из счётного колёсика (ролика) 1, закреплённого неподвижно на горизонтальной оси. Счётный ролик поделён на 100 частей, каждая десятая часть подписана. Для более точного снятия отсчёта рядом с роликом установлен верньер 3.

Вращение счётного ролика с горизонтальной осью передаются с помощью червячной передачи на циферблат 2 с делениями. Одно деление циферблата соответствует полному обороту счётного ролика.

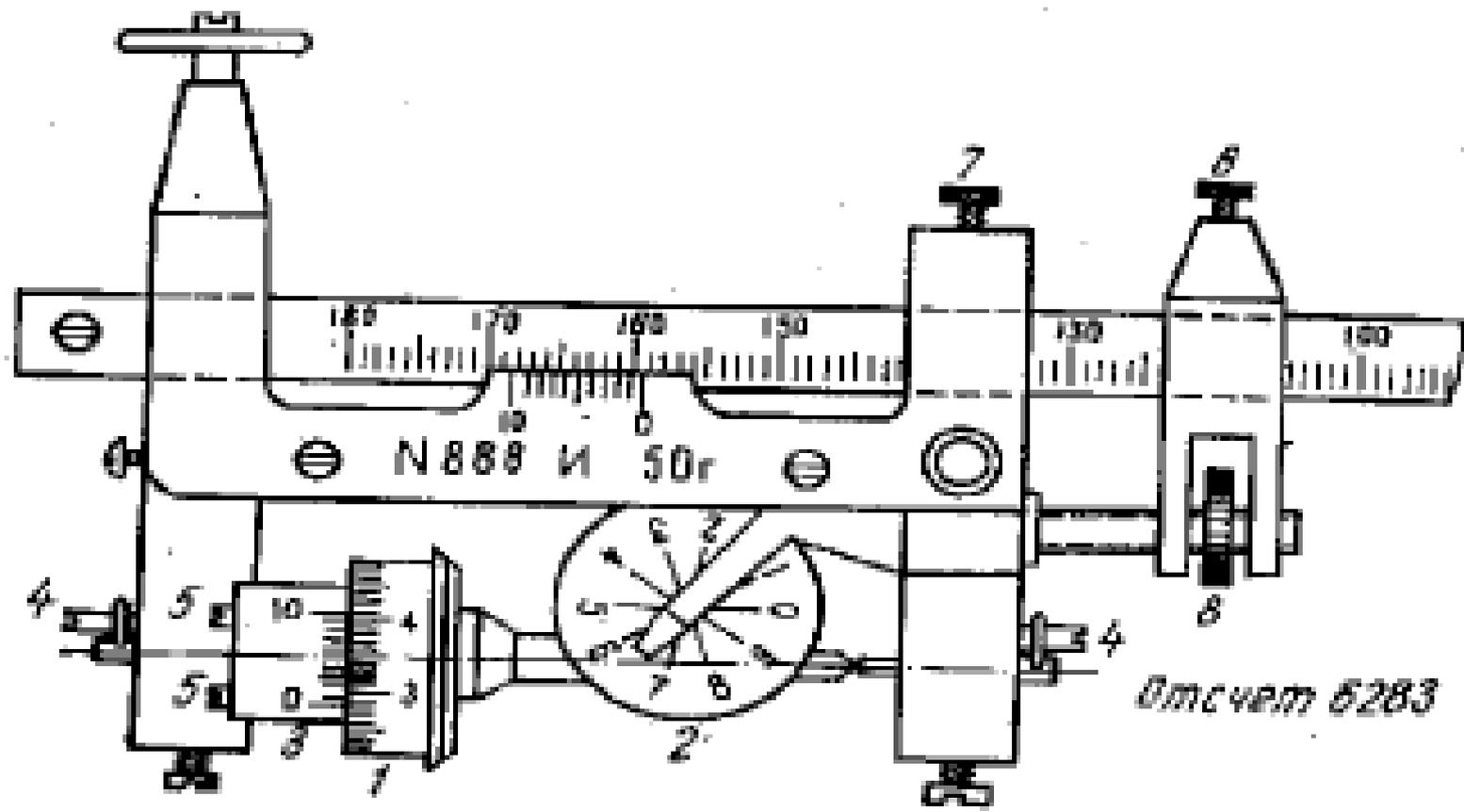


Рис.2. Счётный механизм планиметра

Отсчёт состоит из 4-х цифр. Первая цифра - младшая на циферблате относительно его указателя, вторая и третья - целое количество десятков и полных единиц на счётном ролике относительно нуля верньерного устройства. Четвёртая цифра берётся по штриху верньера (его номеру), который совпадает с любым делением счётного ролика. На рис. 10 отсчёт составляет 6283.

Перед началом работы планиметр необходимо осмотреть, убедиться в исправности и правильном взаимодействии всех его частей.

Счётный ролик должен свободно вращаться с осью, не задевая за верньер и не иметь шатания в подшипниках. Исправный ролик, приведя его в движение пальцем, должен вращаться свободно в течение 3 - 4 сек. Ход вращения ролика устанавливается винтами 4 (рис.10), а промежуток между верньером и счётным роликом – регулировочными винтами 5.

Для установки обводного рычага заданной длины (159,3) зажимные винты 6 и 7 (рис.10) ослабляют и нулевой штрих верньера устанавливают в нужном месте (примерно). Чтобы точно установить рычаг на требуемую длину, закрепляют винт 6, а верньер микрометрическим винтом 8 совмещают с нужным отсчетом, после чего винт 7 закрепляют и определяют цену деления планиметра повторно.

При работе планиметром следует учитывать следующее:

1. Измерения выполнять на несмятой карте, которая закрепляется на гладкой поверхности;
2. Правильно выбирать место полюса планиметра. Для этого обводной шпиль ставится в центре участка, обводной рычаг планиметра располагается под прямым углом к наибольшей оси фигуры, а полярный рычаг устанавливается под прямым углом к обводному (рис.11а). После этого переводят обводной шпиль в наиболее удалённую от полюса точку фигуры (рис.11б), а затем наиболее близкую (рис.11в).

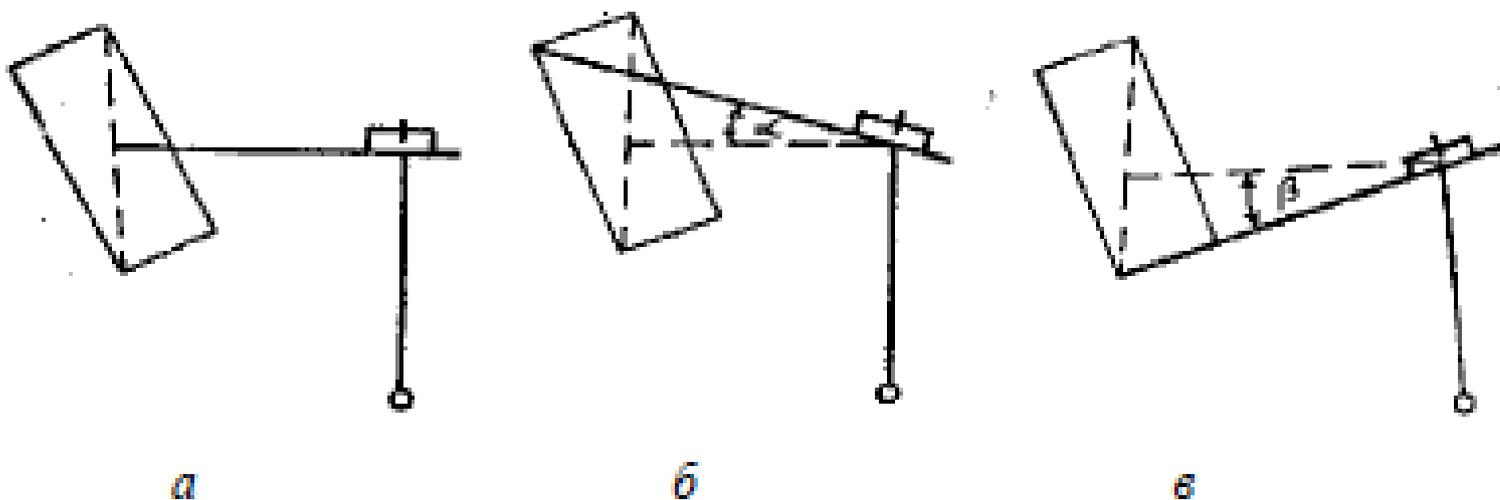


Рис.11. Выбор места полюса планиметра

Углы α и β должны быть почти одинаковыми и в пределах $30-40^\circ$. Если они меньше 30° , следует уменьшить длину обводного рычага, если больше-увеличить. Полус планиметра рекомендуется устанавливать по возможности вне фигуры;

3. Правильно подобрать длину обводного рычага. Длина его зависит от площади фигуры и ее конфигурации. При больших фигурах длину рычага следует брать длиннее. Планиметры рекомендуется использовать при измерении площадей не менее $10-15 \text{ см}^2$;

4. Исходную точку, где берутся отсчеты по планиметру нужно выбирать в таком месте, где угол между рычагами близок к прямому. Следует следить за совпадением начала и конца обвода, т.е. Чтобы при взятии отсчёта после обвода шпиль находился над той же точкой, что и при взятии отсчёта до обвода;

5. При обводе контура обводной шпиль или метку следует вести с одинаковой скоростью, не быстро и не очень медленно, следя за тем, чтобы он шёл точно по контуру фигуры. Если обводной шпиль уклонился в какую-нибудь сторону от контура, следует намеренно сделать отклонения такого же размера в противоположную сторону;

6. При двойной обводке контура расхождение в площади, выраженное в делениях планиметра, не должно превышать $1/100$.

Работа по определению площади географических объектов (государств, районов, озер, островов и т.д.) планиметром выполняется в следующем порядке. Поставив обводной шпиль в одну из точек контура так, чтобы угол изгиба рычагов был влево от фигуры, снимают отсчет на счетчике планиметра и записывают в журнал (табл.23), начинают обвод контура по ходу часовой стрелки, затем против ее хода. По разности отсчета по счетному механизму определяют площадь фигуры в делениях планиметра. Затем, поставив обводной шпиль в центр фигуры, перекладывают полюсной рычаг планиметра на 180° и измеряют фигуру при полюсе вправо от фигуры также в прямом и обратном направлениях. Таким образом, каждый участок (фигура) обводится четыре раза: при полюсе вправо и при полюсе влево, по ходу и против хода часовой стрелки. Если измерения выполняются планиметром с двумя счетными механизмами, то участок обводится дважды: при полюсе вправо и при полюсе влево только по ходу часовой стрелки, а отсчеты снимаются с основного и дополнительного счетчиков и записываются в соответствующие графы журнала. Расхождения между результатами различных обводов одного и того же участка не должны превышать величины, приводимой в нижеследующей таблице (табл. 24).

ЖУРНАЛ
вычисление площади при работе с планиметром

№ планиметра 5466 Длина рычага 167,3 мм		Отсчёты по счётчикам планиметра: t ₁ - до обвода, t ₂ - после обвода Площади, выраженные в делениях планиметра: n = (t ₂ - t ₁) при обводе вправо и n = (t ₁ - t ₂) при обводе влево								
Измеряемая территория		Отсчёты по счётчикам планиметра				Среднее из n	Поправка	Исправленное	планиметр	площадь в кв.км
		полос слева		полос справа						
		по часовой стрелке	против часовой стрелки	по часовой стрелке	против часовой стрелки					
P _{тр.} 54°- 55°	t ₁	4772	7607	5291	8125	2835			2,54	7212
	t ₂	7607	4770	8125	5291					
	n	2835	2837	2834	2834					
P _{1уч.}	t ₁	4743	5341	3556	4153	596,75	- 0,45	596,3		1516,9
	t ₂	5341	4745	4153	3557					
	n	598	596	597	596					
P ₂	t1	4724	5635	5295	6207	910,5	- 0,65	909,85		2314,6
	t2	5635	4725	6207	5298					
	n	911	910	912	909					
P ₃	t1	4738	6069	3552	4883	1329,75	- 0,90	1328,85		3380,5
	t2	6069	4740	4883	3555					
	n	1331	1329	1331	1328					
$f P_{абс.} = \Sigma P_{1,2,3} - P_{тр} = (596,75 + 910,5 + 1329,75) - 2835 = 2$ $f P_{отн.} = \frac{f_{абс.}}{P_{тр}} = \frac{2}{2835} = \frac{1}{2835 : 2} \approx \frac{1}{1400}$										

* Площадь Сморгонского района, измеренная по карте масштаба 1:500 000 равна 1516,9 кв.км

Таблица 24

Число делений планнметра в участке	Предельные расхождения в числах делений планнметра
до 150	1
150 – 600	2
600 – 1000	3
1000 – 1400	4
1400 – 1800	5
1800 – 2200	6

Измерение площади географических объектов (государств, районов, островов, озер и т.д.) выполняется по методу Савича, суть которого состоит в измерении в делениях планиметра территории, площадь которой известна, в пределах которой расположен участок. Такими территориями являются площади трапеций, образуемых меридианами и параллелями или квадраты на топографических картах, образованные километровыми (координатными) линиями. Затем измеряют площадь искомого участка P_1 (рис. 12) и участков дополняющих эту трапецию (квадрат) - P_2 , P_3 . Дополняющих трапецию (квадрат) участков может быть и больше двух в зависимости от размеров и конфигурации этой дополнительной территории

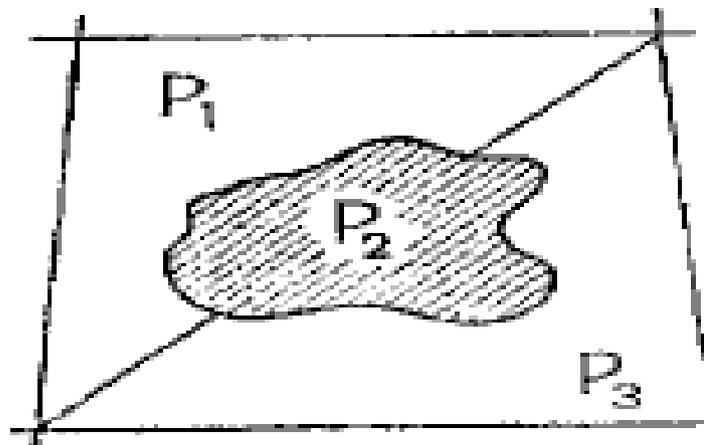


Рис.12. Расположение в трапеции участка, для которого определяется площадь (P_1) и участков, дополняющих трапецию (P_2 , P_3).

Для проверки правильности измерений суммируют площадь участка объекта (P1) и площади участков, дополняющих трапецию (P2, P3). Сумма P1, P2 и P3 должна быть равна площади градусной трапеции (квадрата), при этом площадь трапеции принимается за теоретическую. Невязка вычисляется как разность между суммой площадей в делениях планиметра всех участков, составляющих трапецию и аналогичной площадью самой трапеции. Определяется абсолютная и относительная невязки.

$$f_{\text{абс.}} = \sum P_{\text{п}} - P_{\text{тр}},$$

где $\sum P_{\text{п}}$ - измеренная площадь всех участков, $P_{\text{тр}}$ - площадь трапеции.

$$f_{\text{отн.}} = \frac{f_{\text{абс.}}}{P_{\text{тр.}}} = \frac{1}{P_{\text{тр.}} \div f_{\text{абс.}}}$$

Для вычисления площадей в км или га необходимо знать какая величина соответствует одному делению планиметра. Для определения цены деления планиметра из табл. 25

берется площадь трапеции в квадратных километрах на сфероиде и делится на площадь трапеции в делениях планиметра. Умножив цену деления планиметра на исправленную площадь фигуры в делениях планиметра, определим площадь его в квадратных километрах.

Площади градусных полей на эллипсоиде Красовского

Градусы	Кв. км	Градусы	Кв. км	Градусы	Кв. км
А. Таблица одноградусных полей					
0-1	12 310	30-31	10 643	60-61	6 123
1-2	12 306	31-32	10 534	61-62	5 935
2-3	12 299	32-33	10 422	62-63	5 744
3-4	12 288	33-34	10 307	63-64	5 552
4-5	12 273	34-35	10 189	64-65	5 358
5-6	12 255	35-36	10 067	65-66	5 162
6-7	12 238	36-37	9 942	66-67	4 964
7-8	12 208	37-38	9 814	67-68	4 765
8-9	12 179	38-39	9 684	68-69	4 564
9-10	12 146	39-40	9 550	69-70	4 362
10-11	12 110	40-41	9 413	70-71	4 158
11-12	12 070	41-42	9 274	71-72	3 953
12-13	12 026	42-43	9 131	72-73	3 747
13-14	11 973	43-44	8 986	73-74	3 539
14-15	11 928	44-45	8 838	74-75	3 331
15-16	11 874	45-46	8 687	75-76	3 121
16-17	11 816	46-47	8 533	76-77	2 910
17-18	11 755	47-48	8 377	77-78	2 699
18-19	11 690	48-49	8 218	78-79	2 486
19-20	11 622	49-50	8 057	79-80	2 273
20-21	11 550	50-51	7 892	80-81	2 059
21-22	11 475	51-52	7 726	81-82	1 844
22-23	11 395	52-53	7 557	82-83	1 629
23-24	11 313	53-54	7 386	83-84	1 413
24-25	11 227	54-55	7 212	84-85	1 196
25-26	11 138	55-56	7 036	85-86	978
26-27	11 046	56-57	6 858	86-87	761
27-28	10 950	57-58	6 677	87-88	544
28-29	10 851	58-59	6 495	88-89	326
29-30	10 749	59-60	6 310	89-90	109
Б. Таблица двухградусных полей					
0-2	49 232	30-32	42 354	60-62	24 116
2-4	49 174	32-34	41 458	62-64	22 592
4-6	49 056	34-36	40 512	64-66	21 040
6-8	48 882	36-38	39 512	66-68	19 458
8-10	48 650	38-40	38 468	68-70	17 852

Градусы	Кв. км	Градусы	Кв. км	Градусы	Кв. км
10-12	48 360	40-42	37 374	70-72	16 222
12-14	48 010	42-44	36 234	72-74	14 572
14-16	47 604	44-46	35 050	74-76	12 904
16-18	47 142	46-48	33 820	76-78	11 218
18-20	46 624	48-50	32 500	78-80	9 518
20-22	46 050	50-52	31 236	80-82	7 306
22-24	45 416	52-54	29 886	82-84	6 084
24-26	44 730	54-56	28 496	84-86	4 348
26-28	43 992	56-58	27 070	86-88	2 610
28-30	43 200	58-60	25 610	88-90	870

В. Таблица пятиградусных полей

0-5	307 380	30-35	260 475	60-65	143 560
5-10	305 105	35-40	245 285	65-70	119 085
10-15	300 565	40-45	228 210	70-75	93 640
15-20	293 785	45-50	209 360	75-80	67 445
20-25	284 800	50-55	188 865	80-85	40 705
25-30	273 670	55-60	166 880	85-90	13 590

Г. Таблица десятиградусных полей

0-10	1 225 000	30-40	1 012 000	60-70	525 000
10-20	1 189 000	40-50	875 000	70-80	322 000
20-30	1 117 000	50-60	712 000	80-90	109 000

Если измеряемый географический объект находится в двух или более трапециях, к тому же расположенных в различных широтных поясах, то измерения контуров объекта нужно производить отдельно в пределах каждой трапеции, определяя для каждого широтного пояса цену деления планиметра.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ПАЛЕТКАМИ

В основе определения площадей палетками лежит геометрический способ определения площадей элементарных фигур (квадрата, треугольника, трапеции). Чаще всего используют палетки квадратные, параллельные и точечные (рис. 13)

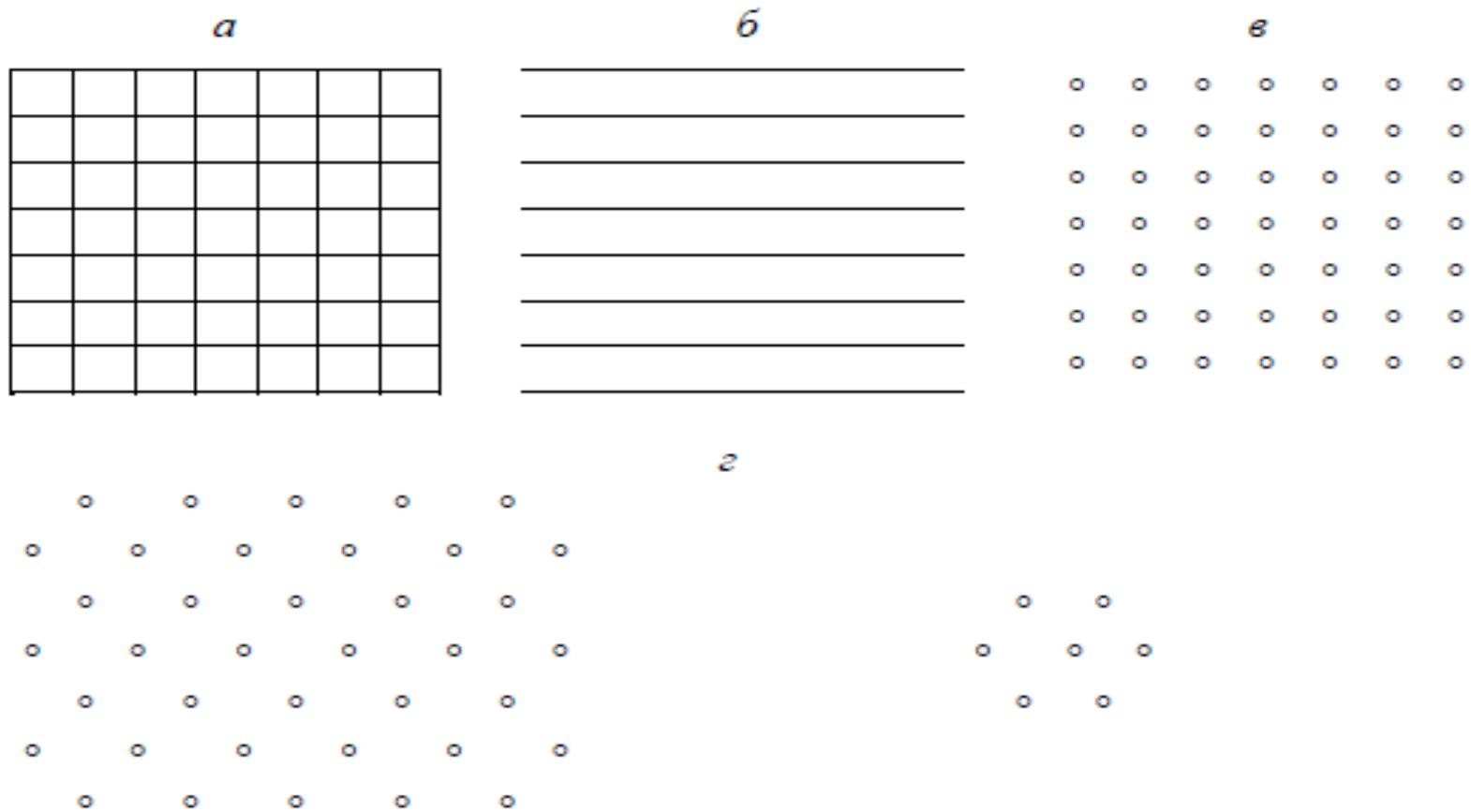


Рис. 13. Палетки: *a* – квадратная; *б* – параллельная; *в* – точечная квадратная; *г* – точечная гексагональная

Квадратная палетка представляет собой сетку квадратов в зависимости от сложности контура со стороной 2-10 мм (рис. 13 а).

Определение площади состоит в подсчете числа квадратов по палетке, которая накладывается на контур. Части не полных квадратов оцениваются на глаз и суммируются. Площадь контура определяется по формуле:

$$P = a^2 n ,$$

где a – сторона квадрата в масштабе карты, n – количество квадратов.

Параллельная палетка представляет собой серию параллельных линий, проведенных с одинаковым интервалом, через 2-5 мм (рис. 13 б).

Определение площади основано на вычислении площади трапеции.

Палетка накладывается на контур так, чтобы крайние точки контура находились точно посередине между линиями. В таком случае прочерченные линии будут представлять собой средние линии трапеции. Сущность определения площади сведётся к измерению длин средних линий циркулем-измерителем. Площадь вычисляется по формуле:

$$P = \Sigma \ell \cdot h ,$$

где $\Sigma \ell$ - сумма длин линий, h - интервалы между линиями

Точечную квадратную палетку можно представить как видоизмененную квадратную палетку, где каждая точка представляет собой центр квадрата (рис. 13 в). Количество точек легче подсчитать, чем количество квадратов. Если точка находится на контуре, то она берется с весом 0,5 т.е. две точки находящиеся на контуре считаются за одну. Площадь вычисляется, как и для квадратной палетки по формуле:

$$P = a^2 n , \text{ где}$$

где a – расстояние между точками, n – количество точек В точечной гексагональной палетке точки представляют собой вершины равносторонних треугольников (рис. 13 г). Геометрическая фигура, которая описывает точку, представляет собой правильный шестиугольник. Гексагональная палетка предпочтительнее точечной квадратной, т.к. образуемые точки лучше вписываются в неправильные контура, которые представляют собой большинство географических объектов. Площади при применении гексагональной палетки вычисляются по формуле

$$P = \frac{R^2 n \sqrt{3}}{2} = 0,866 R^2 n,$$

где R – расстояние между точками; n количество точек в контуре.

Точность вычисления площадей палетками зависит от расстояния между линиями и точками, т.е. от площади элементарных фигур, образуемых ими. Надо помнить, что чем меньше расстояние между точками или линиями, тем утомительнее работа. В целом точность определения площадей с помощью палеток не ниже чем точность планиметрирования, а для малых контуров – даже выше. При прочих равных условиях наибольшую точность измерения площадей обеспечивают сетки параллельных линий и, наконец, точечные, квадратные.

Методика измерения площадей палетками не сложная. Палетка накладывается на контур, и работа сводится к подсчету количества квадратов, точек или длин линий. Для избежания грубых ошибок измерения следует проводить дважды, для чего квадратную и квадратную точечную палетку поворачивают на 45° , а параллельную и гексагональную на 90° .

При измерении площадей палетками можно также использовать способ Савича. Для этого определяют площадь всех контуров в трапеции и вычисленные площади увязывают с теоретической площадью трапеции, взятой из табл. 28.

Задание

Цель задания: изучить способы измерения площадей по картам, приборы и приспособления, применяемые для измерения площадей и научиться квалифицированно применять их на практике.

Выполнение задания. Для одного из географических объектов измерить его площадь, используя планиметр и один из видов палетки по карте «Республика Беларусь» масштаба 1:500 000 согласно заданному варианту (табл.26).

Таблица

Варианты задания

Вариант	Район	Вариант	Район
1	Березовский	19	Зельвенский
2	Ивановский	20	Мостовский
3	Каменецкий	21	Щучинский
4	Кобринский	22	Вилейский
5	Глубокский	23	Дзержинский
6	Миорский	24	Любанский
7	Оршанский	25	Молодечненский
8	Полоцкий	26	Несвижский
9	Шарковщинский	27	Пуховичский
10	Шумилинский	28	Столбцовский
11	Буда-Кошелевский	29	Червенский
12	Ветковский	30	Быховский
13	Добрушский	31	Кировский
14	Наровлянский	32	Краснопольский
15	Октябрьский	33	Кричевский
16	Вороновский	34	Осиповичский
17	Гродненский	35	Чериковский
18	Дятловский		

Примечание. Для измерения площадей могут быть предложены другие географические объекты.

Указания к выполнению задания.

1. Изучить методику измерения площадей изложенную в данном пособии.
2. Осмотреть планиметр и подготовить его к работе, обратить особое внимание на свободное вращение счетного колесика (ролика).
3. Выполнить измерения объекта и других контуров, дополняющих трапецию.
4. Результаты измерений внести в журнал, увязать их в случае допустимости и вычислить площадь географического объекта.
5. Измерить площадь этого географического объекта, используя одну из палеток.
6. Вычислить относительную ошибку площади географического объекта планиметром и палеткой, используя в качестве теоретической площади данные из энциклопедии и справочников.

Пример выполнения задания

Измерить площадь Сморгонского района Гродненской области по карте «Республика Беларусь» масштаба 1:500 000 планиметром и палеткой.

Результаты измерений и вычислений площади Сморгонского района планиметром приведены в журнале вычисления площади при работе с планиметром (см. табл. 23).

При измерении площадей палетками использована параллельная палетка.

Для измерения площади района палетками использовалась параллельная палетка с интервалом 4 мм между параллельными линиями. Длины линий измерялись по поперечному масштабу с основанием в 1 см. Сумма измеренных параллельных линий равна 1498,8 мм. Тогда площадь

Сморгонского района, измеренная параллельной палеткой равна

$$P = \sum \ell \cdot h \cdot M^2 = 1498,8 \text{ мм} \cdot 4 \text{ мм} \cdot 500\,000^2 = 1498,8 \text{ км}^2$$

Определим точность измерения площади планиметром и параллельной палеткой, для чего вычислим абсолютные и относительные ошибки.

Площадь Сморгонского района, взятая из справочника (табл. 27) равна 1500,9 км².

Площади районов

№ п/п	Районы	Области	Площадь районов 1 км ²
1	Березовский	Брестская	1405,04
2	Ивановский	— " —	1553,05
3	Каменецкий	— " —	1687,30
4	Кобринский	— " —	2013,06
5	Глубокский	Витебская	1784,56
6	Миорский	— " —	1786,64
7	Оршанский	— " —	1669,03
8	Полоцкий	— " —	3140,69
9	Шарковщинский	— " —	1189,18
10	Шумилинский	— " —	1695,40
11	Буда-Кошелевский	Гомельская	1599,73
12	Ветковский	— " —	1557,90
13	Добрушский	— " —	1447,16
14	Наровлянский	— " —	1586,38
15	Октябрьский	— " —	1386,81
16	Вороновский	Гродненская	1416,30
17	Гродненский	— " —	2642,71
18	Дятловский	— " —	1542,05
19	Зельвенский	— " —	872,88
20	Мостовский	— " —	1342,96
21	Щучинский	— " —	1907,58
22	Вилейский	Минская	2453,69
23	Дзержинский	— " —	1191,45
24	Любанский	— " —	1916,19
25	Молодечненский	— " —	1365,19
26	Несвижский	— " —	863,39
27	Пуховичский	— " —	2441,09
28	Столбцовский	— " —	1881,88
29	Червенский	— " —	1630,70
30	Быховский	Могилевская	2240,06
31	Кировский	— " —	1310,89
32	Краснопольский	— " —	1225,54
33	Кричевский	— " —	777,93
34	Осиповичский	— " —	1956,20
35	Чериковский	— " —	1021,88

При измерении планиметром

$$f_{абс.} = P_u - P_t = 1516,9 - 1500,9 = 16 \text{ км}^2$$

$$f'_{отн.} = \frac{f'_{абс.}}{P_t} = \frac{1}{P_t : f'_{абс.}} = \frac{1}{1500,9 : 16} \approx \frac{1}{94}$$

При измерении параллельной палеткой

$$f''_{абс.} = 1498,8 - 1500,9 = - 2,1 \text{ км}^2$$

$$f'_{отн.} = \frac{1}{1500,9 : 2,1} \approx \frac{1}{710}$$

Таким образом, относительные ошибки измерения планиметром и параллельной палеткой площади Сморгонского района составили соответственно 1/94 и 1/710, или 1,1 и 0,14%.