

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет геодезии и картографии»
(МИИГАиК)

Учебно-методическое пособие по дисциплине

КАРТОГРАФИЯ:

методические указания по выполнению контрольной работы

для студентов дистанционной формы обучения

по направлениям подготовки: 21.03.02 Землеустройство и кадастры

21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование

Составитель: Баева Е.Ю., доцент кафедры картографии, ктн

Рекомендовано к использованию в учебном процессе МИИГАиК решением Методического совета университета (протокол № 3 от « 27 » февраля 2019г.)

Рецензенты: Литвиненко М.В., декан факультета дистанционных форм обучения МИИГАиК, д.п.н.
Курбатова И.Е., с.н.с. Института водных проблем РАН, к.т.н.

Москва 2019 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Задания для контрольной работы	4
2. Методические указания по выполнению контрольной работы	6
3. Требования к оформлению контрольной работы	17
4. Вопросы для самоконтроля	18
Литература	19
Приложение. <i>Картографические таблицы (по параметрам эллипсоида Красовского)</i>	20

ВВЕДЕНИЕ

В данном учебном пособии содержатся методические указания по выполнению контрольной работы по курсу «Картография» для студентов факультета дистанционных форм обучения по направлениям подготовки *21.03.02 Землеустройство и кадастры, 21.03.03 Геодезия и дистанционное зондирование*.

По результатам самостоятельной учебно-познавательной деятельности в ходе выполнения контрольной работы студент должен:

<i>Знать</i>	Элементы математической основы карт
<i>Уметь</i>	Проводить картометрические работы

1. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа предусматривает выполнение двух заданий:

1. Вычисление и построение картографической сетки нормальной равноугольной цилиндрической проекции (проекции Меркатора).
2. Решение картометрических задач на сетке проекции Меркатора.

Исходные данные для вычислений:

$\varphi_{ю}$ – широта южной параллели территории;

$\varphi_{с}$ – широта северной параллели территории;

$\lambda_{з}$ – долгота западного меридиана территории;

$\lambda_{в}$ – долгота восточного меридиана территории;

$\Delta\varphi$ – частота (шаг) картографической сетки по широте;

$\Delta\lambda$ – частота (шаг) картографической сетки по долготe;

$1:M_0$ – главный масштаб карты;

φ_k – широта главной параллели.

Варианты заданий приведены в таблице 1. Номер варианта соответствует двум последним цифрам шифра студента.

Таблица 1 – Варианты заданий

Номер варианта	Исходные данные для задания № 1	Исходные данные для задания № 2	
		Точка <i>A</i>	Точка <i>B</i>
00 – 24	$\varphi_{ю} = N^{\circ}_{\text{вар.}} + 10^{\circ}$ $\varphi_{с} = \varphi_{ю} + 16^{\circ}$ $\lambda_{з} = 0^{\circ}; \lambda_{в} = 16^{\circ}$ $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 4^{\circ}$ $\varphi_k = (\varphi_{ю} + \varphi_{с}) / 2$ $1:M_0 = 1: 10\,000\,000$		
		$\varphi_A = \varphi_{ю}$ $\lambda_A = 0^{\circ}$	$\varphi_B = \varphi_{с}$ $\lambda_B = 16^{\circ}$
25 – 49	$\varphi_{ю} = N^{\circ}_{\text{вар.}} - 20^{\circ}$ $\varphi_{с} = \varphi_{ю} + 16^{\circ}$ $\lambda_{з} = 0^{\circ}; \lambda_{в} = 16^{\circ}$ $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 4^{\circ}$ $\varphi_k = (\varphi_{ю} + \varphi_{с}) / 2$ $1:M_0 = 1: 12\,000\,000$		
		$\varphi_A = \varphi_{ю}$ $\lambda_A = 0^{\circ}$	$\varphi_B = \varphi_{с}$ $\lambda_B = 16^{\circ}$

50 – 74	$\varphi_{Ю} = N_{\text{вар.}}^{\circ} - 45^{\circ}$ $\varphi_{с} = \varphi_{Ю} + 20^{\circ}$ $\lambda_{з} = 0^{\circ}; \lambda_{в} = 20^{\circ}$ $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 5^{\circ}$ $\varphi_{к} = (\varphi_{Ю} + \varphi_{с}) / 2$ $1:M_0 = 1: 15\ 000\ 000$	Точка A	Точка B
		$\varphi_A = \varphi_{Ю}$ $\lambda_A = 0^{\circ}$	$\varphi_B = \varphi_{с}$ $\lambda_B = 20^{\circ}$
75 – 99	$\varphi_{Ю} = N_{\text{вар.}}^{\circ} - 70^{\circ}$ $\varphi_{с} = \varphi_{Ю} + 20^{\circ}$ $\lambda_{з} = 0^{\circ}; \lambda_{в} = 20^{\circ}$ $\Delta\varphi = \Delta\lambda = 5^{\circ}$ $\varphi_{к} = (\varphi_{Ю} + \varphi_{с}) / 2$ $1:M_0 = 1: 16\ 000\ 000$	Точка A	Точка B
		$\varphi_A = \varphi_{Ю}$ $\lambda_A = 0^{\circ}$	$\varphi_B = \varphi_{с}$ $\lambda_B = 20^{\circ}$

Пример вычисления исходных данных.

Вариант №№ 00

$$\varphi_{Ю} = N_{\text{вар.}}^{\circ} + 10^{\circ} = 0^{\circ} + 10^{\circ} = 10^{\circ}$$

$$\varphi_{с} = \varphi_{Ю} + 16^{\circ} = 10^{\circ} + 16^{\circ} = 26^{\circ}$$

$$\lambda_{з} = 0^{\circ}; \lambda_{в} = 16^{\circ}$$

$$\Delta\varphi = \Delta\lambda = 4^{\circ}$$

$$\varphi_{к} = (\varphi_{Ю} + \varphi_{с}) / 2 = (10^{\circ} + 26^{\circ}) / 2 = 18^{\circ}$$

$$1:M_0 = 1: 10\ 000\ 000$$

$$\varphi_A = \varphi_{Ю} = 10^{\circ}; \lambda_A = 0^{\circ}$$

$$\varphi_B = \varphi_{с} = 26^{\circ}; \lambda_B = 16^{\circ}$$

Вариант №№ 50

$$\varphi_{Ю} = N_{\text{вар.}}^{\circ} - 45^{\circ} = 50^{\circ} - 45^{\circ} = 5^{\circ}$$

$$\varphi_{с} = \varphi_{Ю} + 20^{\circ} = 5^{\circ} + 20^{\circ} = 25^{\circ}$$

$$\lambda_{з} = 0^{\circ}; \lambda_{в} = 20^{\circ}$$

$$\Delta\varphi = \Delta\lambda = 5^{\circ}$$

$$\varphi_{к} = (\varphi_{Ю} + \varphi_{с}) / 2 = (5^{\circ} + 25^{\circ}) / 2 = 15^{\circ}$$

$$1:M_0 = 1: 15\ 000\ 000$$

$$\varphi_A = \varphi_{Ю} = 5^{\circ}; \lambda_A = 0^{\circ}$$

$$\varphi_B = \varphi_{с} = 25^{\circ}; \lambda_B = 20^{\circ}$$

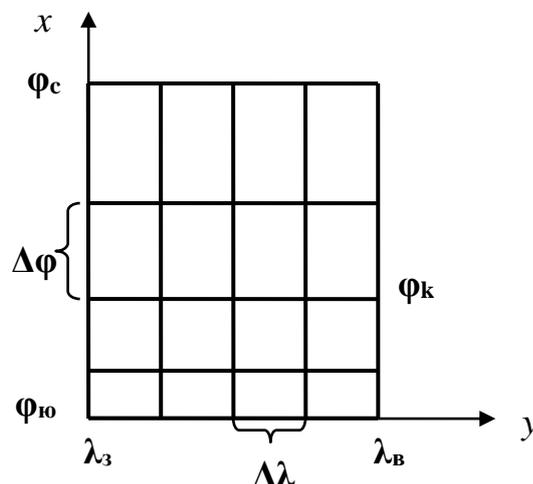
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задание № 1. Вычисление и построение картографической сетки нормальной равноугольной цилиндрической проекции (проекции Меркатора)

Содержание задания

1. Вычислить прямоугольные координаты узловых точек проекции Меркатора.
2. Определить частные масштабы длин и площадей и их искажения.
3. Построить картографическую сетку проекции.

Картографическая сетка нормальной равноугольной цилиндрической проекции имеет простой вид: все меридианы – параллельные прямые, расположенные на одинаковом расстоянии друг от друга, параллели – прямые, перпендикулярные к меридианам; расстояния между ними увеличиваются в направлении от экватора к географическим полюсам (рис. 1).



1:М₀

Рис.1 – Картографическая сетка проекции Меркатора

Нормальные равноугольные цилиндрические проекции известны под названием проекций Меркатора. Они отличаются друг от друга параметром β , который влияет на распределение искажений в проекции.

Общие формулы проекции Меркатора:

$$x = \beta \ln U; y = \beta \lambda;$$

$$m = n = \frac{\beta}{r}; p = n^2; \omega = 0;$$

$$\beta = r_k,$$

где

x, y – прямоугольные координаты

m – частный масштаб длин вдоль меридианов

n – частный масштаб длин вдоль параллелей

p – частный масштаб площадей

ω – максимальное искажение углов

U – функция равноугольного перехода с эллипсоида на плоскость

r_k – радиус главной параллели проекции с широтой φ_k .

Порядок выполнения:

Возьмем для примера следующие значения исходных данных:

$$\varphi_{ю} = 40^\circ; \varphi_{с} = 60^\circ; \lambda_3 = 0^\circ; \lambda_в = 20^\circ; \varphi_k = (\varphi_{ю} + \varphi_{с})/2 = 50^\circ; \Delta\varphi = \Delta\lambda = 5^\circ;$$

$$1:M_0 = 1:20\,000\,000.$$

1. Вычисление параметра проекции β

$$\beta = r_k,$$

r_k – радиус параллели (на земном эллипсоиде) с широтой φ_k , который выбирается из картографических таблиц [см. приложение].

В данном случае $\varphi_k = 50^\circ$, поэтому $\beta = r_k = 4107932$ м или в масштабе карты:

$$\beta_{мм} = \frac{\beta_m \cdot 1000}{M_0} = \frac{4107932 \cdot 1000}{20000000} = 205,3966 \text{ мм}.$$

2. Вычисление абсциссы x , частных масштабов и искажений

$$x = \beta(мм) \cdot \ln U; n = m = \frac{\beta(м)}{r(м)}; p = n^2;$$

$$v_n = (n - 1) \cdot 100\%; v_p = (p - 1) \cdot 100\%.$$

$\ln U$, r выбираются из картографических таблиц [см. приложение].

Вычисления заносим в таблицу 2.

Таблица 2 – Абсциссы x , частные масштабы и искажения

φ	$\ln U$	x (мм)	$x_{прив} =$ $= x - x_{ю}$ (мм)*	$r(м)$	$n = m$	v_n (%)	p	v_p (%)
40°	0,7586032	155,81	0,00	4892789	0,840	-16,0	0,706	-29,4
45°	0,8766353	180,06	24,25	4517666	0,909	-9,1	0,826	-17,4
50°	1,0055490	206,54	50,73	4107932	1,000	0,0	1,000	0,00
55°	1,1487434	235,95	80,14	3666654	1,120	12,0	1,254	25,4
60°	1,3111515	269,31	113,50	3197158	1,285	28,5	1,651	65,1

* $x_{прив}$ – вспомогательное значение абсциссы, по которой строится картографическая сетка.

3. Вычисление ординаты y

$$y = \frac{\beta(мм) \cdot \lambda}{\rho^{\circ}}, \text{ где } \rho^{\circ} = 57,2957795^{\circ}.$$

Вычисления заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – Ординаты y

λ	0°	5°	10°	15°	20°
$y_i(мм)$	0,00	17,92	35,85	53,77	71,70

4. Построение картографической сетки

По вычисленным прямоугольным координатам $x_{прив}$ и y на миллиметровой бумаге необходимо построить сетку проекции Меркатора (рис.2).

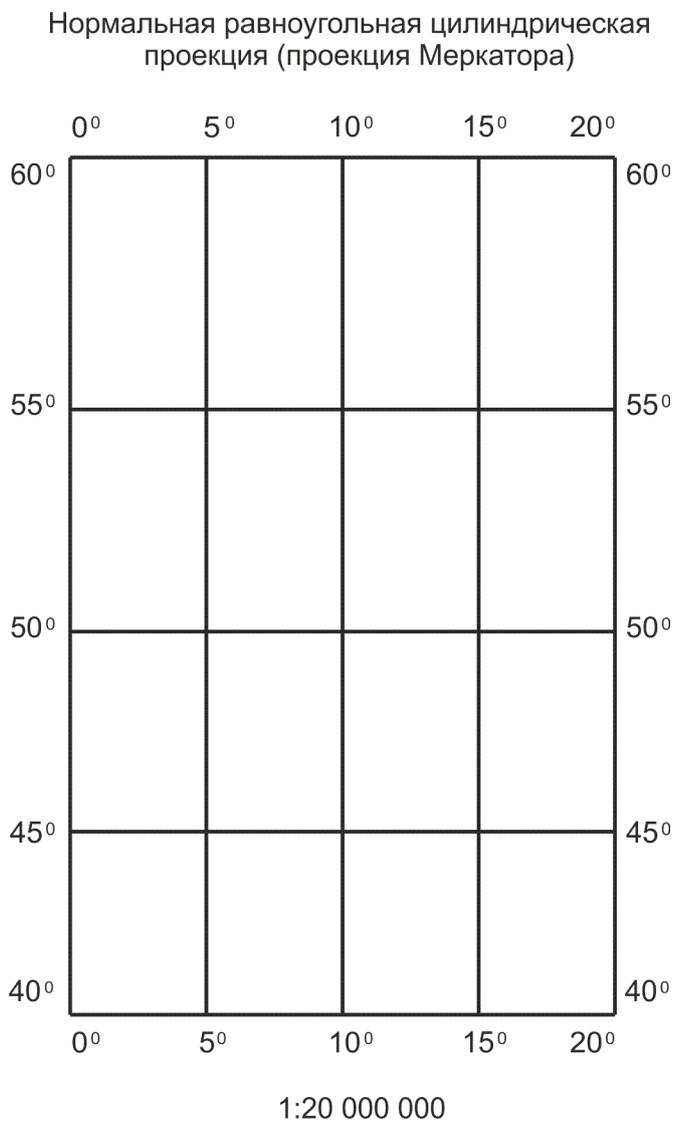


Рис. 2 – Картографическая сетка проекции Меркатора

Задание № 2. Решение картометрических задач на сетке проекции Меркатора

Содержание задания

1. На сетке проекции Меркатора через заданные точки *A* и *B* построить линии положения: *локсодромию* и *ортодромию*.
2. Вычислить *длину локсодромии* и *ортодромии*, а также *площадь участка*, ограниченного крайними меридианами и параллелями.
3. Измерить *длину локсодромии* и *площадь участка*.

Локсодромия – линия, пересекающая все меридианы под постоянным углом.

Ортодромия – кратчайшее расстояние между двумя точками на поверхности шара.

Исходные данные:

φ_A, λ_A - координаты точки *A*;

φ_B, λ_B - координаты точки *B*;

R – средний радиус кривизны, который выбирается из картографических таблиц [см. приложение] по значению $\varphi_k = (\varphi_{ю} + \varphi_{с}) / 2$.

Порядок выполнения

Возьмем для примера следующие значения исходных данных:

$\varphi_A = 40^\circ$; $\lambda_A = 0^\circ$; $\varphi_B = 60^\circ$; $\lambda_B = 20^\circ$; $R = 6381930$ м.

1. Построение линий положения

1.1. Построение локсодромии

Проекция Меркатора обладает свойством **локсодромичности**, т.е. локсодромия в ней изображается прямой линией.

Нанесем на сетку проекции Меркатора точки *A* и *B* по их географическим координатам. Соединив их прямой линией, получим локсодромию (рис.3).

Примечание. Линии локсодромии и ортодромии наносятся на картографическую сетку, построенную в задании № 1.

Нормальная равноугольная цилиндрическая проекция (проекция Меркатора)

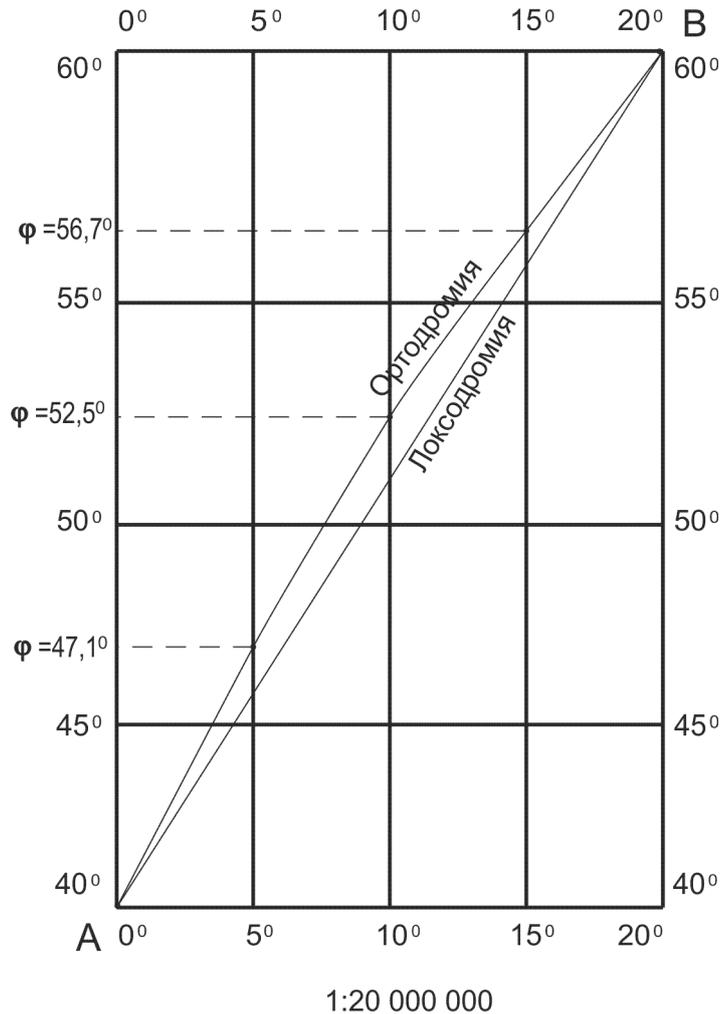


Рис. 3 – Построение локсодромии и ортодромии

1.2. Построение ортодромии

Чтобы построить ортодромию, необходимо вычислить географические координаты ее промежуточных точек. Для упрощения задачи можно вычислить координаты $\varphi_{opt i}$ точек, лежащих на меридианах картографической сетки λ_i .

С этой целью вначале вычисляется вспомогательный угол u :

$$ctgu = \frac{tg\varphi_B}{tg\varphi_A \cdot \sin(\lambda_B - \lambda_A)} - ctg(\lambda_B - \lambda_A).$$

В данном примере:

$$ctgu = \frac{tg60^\circ}{tg40^\circ \cdot \sin(20^\circ - 0^\circ)} - ctg(20^\circ - 0^\circ) = 3,2877746$$

$$u = 16,917511^\circ$$

Затем вычисляют широту точки пересечения ортодромии с заданным меридианом λ_i (табл. 4):

$$\operatorname{tg}\varphi_{\text{орт}_i} = \frac{\operatorname{tg}\varphi_A \cdot \sin[(u - \lambda_A) + \lambda_i]}{\sin u}.$$

Таблица 4 – Координаты промежуточных точек ортодромии

λ°	0	5	10	15	20
$\varphi^\circ_{\text{орт}}$	40,0	47,1	52,5	56,7	60,0

По географическим координатам наносим промежуточные точки ортодромии и, соединяя их по лекалу, строим линию ортодромии (рис.3).

2. Вычисление длин линий и площади участка по формулам

2.1. Вычисление длины ортодромии (на шаре) σ

$$\cos \sigma = \sin \varphi_A \cdot \sin \varphi_B + \cos \varphi_A \cdot \cos \varphi_B \cdot \cos(\lambda_B - \lambda_A);$$

$$\sigma(\text{м}) = \frac{\sigma^\circ}{\rho^\circ} \cdot R(\text{м}).$$

Для рассматриваемого примера:

$$\cos \sigma = \sin 40^\circ \cdot \sin 60^\circ + \cos 40^\circ \cdot \cos 60^\circ \cdot \cos(20^\circ - 0^\circ) = 0,9165936;$$

$$\sigma^\circ = 23,566944^\circ;$$

$$\sigma(\text{м}) = \frac{23,566944^\circ}{57,2957795^\circ} \cdot 6381930 = 2625020\text{м}.$$

2.2. Вычисление длины локсодромии (на шаре) s

Сначала вычисляем азимут локсодромии $\alpha_{\text{локс}}$:

$$\operatorname{tg}\alpha_{\text{локс}} = \frac{(\lambda_B - \lambda_A)'}{D'_B - D'_A},$$

где D' – меридианные части, которые выбираются из картографических таблиц [см. приложение] по широтам точек A и B .

$$\operatorname{tg}\alpha_{\text{локс}} = \frac{(20^\circ - 0^\circ) \cdot 60'}{4507,407' - 2607,886'} = 0,6317382$$

$$\alpha_{\text{локс}} = 32,282166^\circ.$$

Длина локсодромии на шаре вычисляется по формуле:

$$s(M) = \frac{\varphi_B - \varphi_A}{\rho^\circ} \cdot R(M) \cdot \frac{1}{\cos \alpha_{\text{локс}}}$$

$$s = \frac{60^\circ - 40^\circ}{57,2957795^\circ} \cdot 6381930 \cdot \frac{1}{\cos 32,282166^\circ} = 2635013 \text{ м.}$$

Контроль вычислений: $\sigma(M) < s(M)$.

2.3. Вычисление площади участка P

$$P = (P_{\text{сев}} - P_{\text{юж}}) \cdot \frac{\lambda^\circ_{\text{вост}} - \lambda^\circ_{\text{зап}}}{\rho^\circ},$$

где $P_{\text{сев}}$ и $P_{\text{юж}}$ – площади трапеций протяжением от экватора до текущей параллели ($\varphi_{\text{сев}}$ и $\varphi_{\text{юж}}$) и разностью долгот в один радиан [см. приложение].

В данном случае:

$$P = (35113485,9 - 26022868,7) \cdot \frac{20^\circ - 0^\circ}{57,2957795^\circ} = 3173224 \text{ кв.км.}$$

3. Измерение длины локсодромии и площади участка

В проекции Меркатора частные масштабы длин и площадей зависят от широты, поэтому при измерении длин и площадей необходимо учитывать изменение частных масштабов. Для этого измеряемые отрезки и площади разделяют на части, в пределах которых величины частных масштабов принимают постоянными.

3.1. Измерение длины локсодромии

Разбиваем локсодромию на отрезки Δs_i , которые расположены приблизительно симметрично относительно соответствующей параллели (рис.4).

Для этого берем отрезок локсодромии, расположенный между двумя параллелями (в примере – параллели 40° и 45°), и делим его пополам (рис.5). Первая половина отрезка – Δs_1 . Отрезок такой же длины откладываем к северу от 2-й параллели (45°). Получаем отрезок Δs_2 , расположенный приблизительно симметрично относительно 2-й параллели. Остается отрезок локсодромии, примыкающий снизу к 3-й параллели (50°). Такой же длины отрезок откладываем сверху от

3-й параллели. Получаем отрезок ΔS_3 . Далее продолжаем деление ортодромии на отрезки по тому же принципу (рис.4).

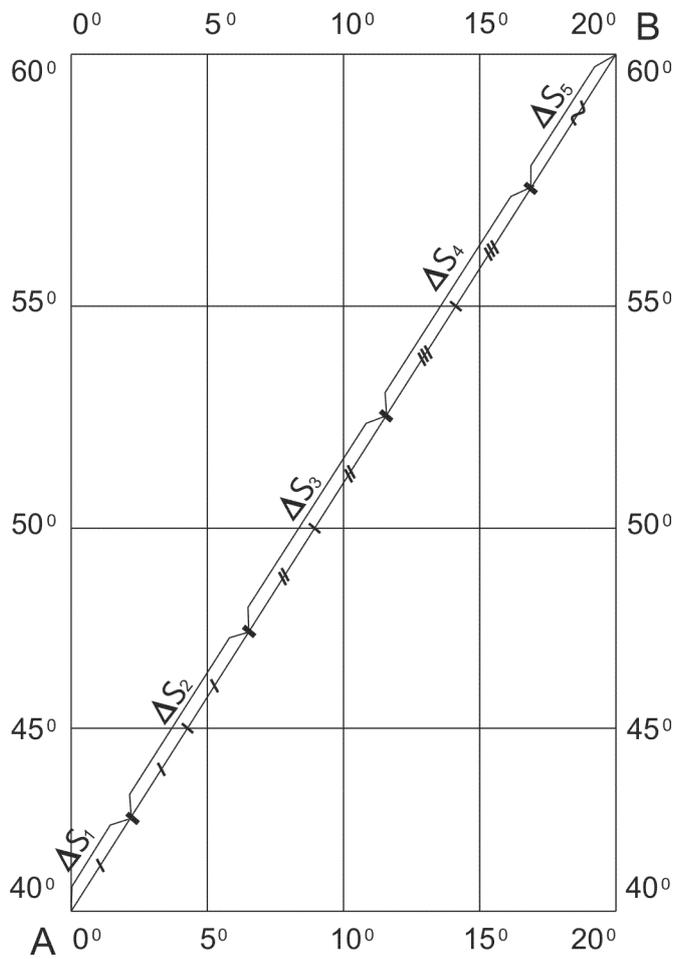


Рис.4 – Измерение локсодромии

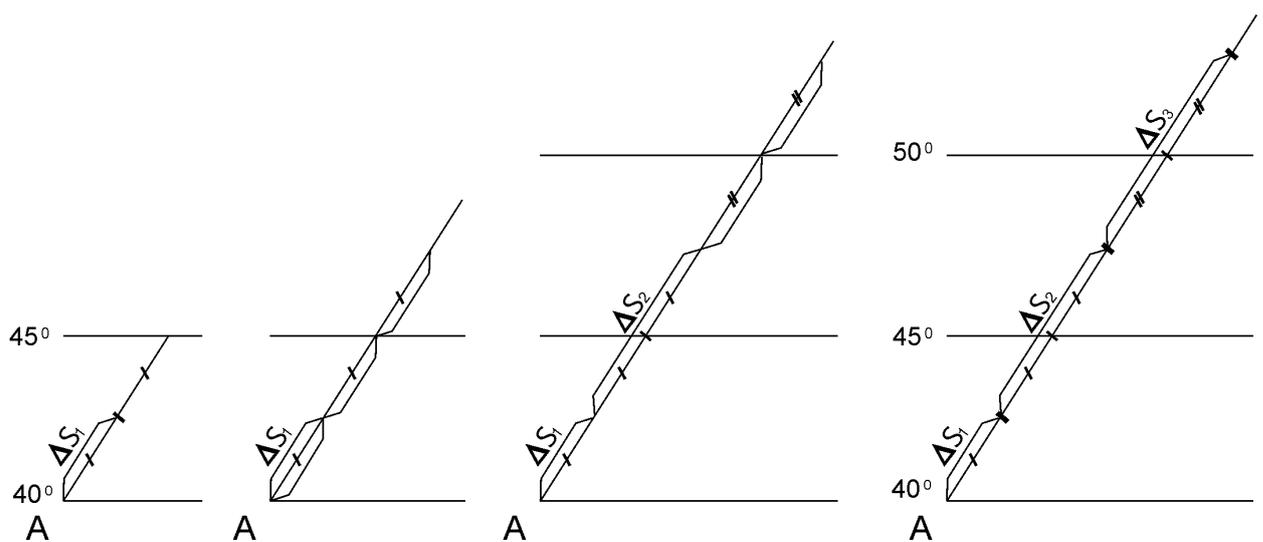


Рис.5 – Последовательность деления локсодромии на отрезки

Длина локсодромии с учетом частных масштабов n_i (см. табл. 2) вычисляется по формуле:

$$s_{\text{измер}} (\text{км}) = \frac{M_0}{10^6} \sum_{i=1}^k \frac{\Delta s_i (\text{мм})}{n_i}.$$

Все измерения заносим в таблицу 5.

3.2. Измерение площади участка

Измерение площади участка производится с учетом частного масштаба p . Для этого весь измеряемый участок нужно разбить на прямоугольники и в их измеренную площадь ввести поправки в виде коэффициента p_i . У разбиваемого участка делим меридианы по такому же принципу, что и при измерении длины локсодромии (рис.6).

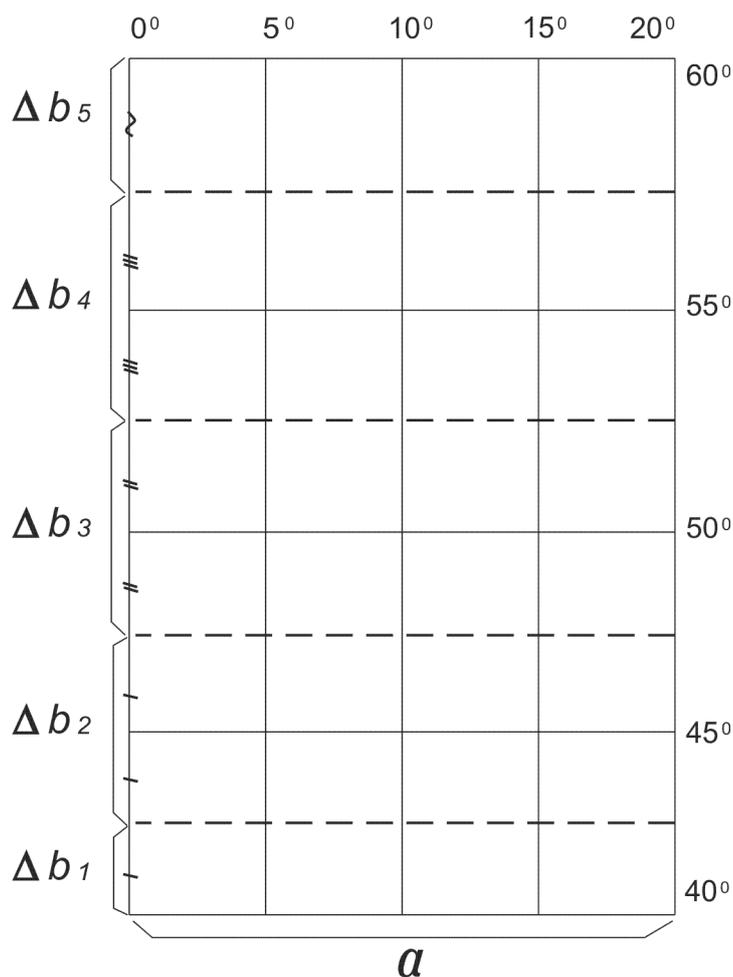


Рис. 6 – Измерение площади

Площадь участка с учетом частных масштабов p_i (см. табл. 2) вычисляется по формуле:

$$P_{измер} (\text{км}^2) = \frac{M_0^2}{10^{12}} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{\Delta p'_i (\text{мм}^2)}{p_i},$$

где $\Delta p'_i = a \cdot \Delta b_i$ – площадь текущего прямоугольника.

a – длина стороны прямоугольника, измеряемая по сетке проекции (рис.6).

Все измерения заносим в таблицу 5.

Таблица 5 – Измерения длины локсодромии и площади участка

$$a = 71,5 \text{ мм}$$

φ_i	Измерение длины локсодромии			Измерение площади участка			
	Δs_i (мм)	n_i	$\frac{\Delta s_i (\text{мм})}{n_i}$	Δb_i (мм)	$\Delta p'_i = a \cdot \Delta b_i$ (мм ²)	p_i	$\frac{\Delta p'_i (\text{мм}^2)}{p_i}$
40°	14,5	0,840	17,3	12,5	893,8	0,706	1266,0
45°	29,5	0,909	32,5	25,0	1787,5	0,826	2164,0
50°	33,5	1,000	33,5	28,5	2037,8	1,000	2037,8
55°	36,0	1,120	32,1	30,0	2145,0	1,254	1710,5
60°	21,0	1,285	16,3	17,5	1251,2	1,651	757,8
			$\Sigma=131,7$				$\Sigma=7936,1$

$$s_{измер} = 131,7 \text{ мм}$$

$$P_{измер} = 7936,1 \text{ мм}^2$$

$$s_{измер} = \frac{20 \cdot 10^6}{10^6} \cdot 131,7 = 2634 \text{ км}$$

$$P_{измер} = \frac{(20 \cdot 10^6)^2}{10^{12}} \cdot 7934,5 = 3174440 \text{ км}^2$$

$$s_{теор} = 2635013 \text{ м} \approx 2635 \text{ км}$$

$$P_{теор} = 3173224 \text{ км}^2$$

Расхождения между измеренными и теоретическими значениями допускаются в пределах: для длины локсодромии $\pm 2\%$, для площади участка $\pm 3\%$.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Студенты оформляют контрольную работу и предоставляют ее на проверку в электронном виде с использованием инструментов системы дистанционного обучения университета МИИГАиК.

Требования к оформлению контрольной работы:

1. *Текст* работы может быть оформлен в одном из следующих вариантов:
 - «от руки» с последующим сканированием и сохранением в формате **pdf**;
 - в электронном виде в формате **doc, docx**.
2. *Картографическая сетка* проекции Меркатора с нанесенными линиями локсодромии и ортодромии (рис. 3) должна быть построена *на миллиметровой бумаге* с последующим сканированием и сохранением в формате **pdf**.

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Вид меридианов и параллелей в проекции Меркатора.
2. Как изменяются расстояния между меридианами и параллелями в проекции Меркатора.
3. Что такое главная параллель проекции.
4. Какие виды искажений отсутствуют в проекции Меркатора.
5. Какие виды искажений принимают максимальные значения в проекции Меркатора.
6. Как изменяются (распределяются) искажения на сетке проекции Меркатора.
7. Основное свойство проекции Меркатора.
8. Как построить локсодромию в проекции Меркатора.
9. Как измерить длину линии в проекции Меркатора.
10. Как измерить площадь в проекции Меркатора.
11. Для каких карт применяется проекция Меркатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баева Е.Ю., Билибина Н.А. Общая картография. Раздел «Математическая картография»: учебно-методическое пособие. – М.: МИИГАиК, 2018. – 60 с.
2. Бугаевский Л.М. Математическая картография. – М.: Златоуст, 1998.– 400 с.
3. Вахрамеева Л.А., Бугаевский Л.М., Казакова З.Л. Математическая картография: учебник для вузов. – М.: Недра, 1986. – 286 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

**Картографические таблицы
(по параметрам эллипсоида Красовского)**

φ^0	Средний радиус кривизны R (м)	Радиус параллели r (м)	Величина lnU	Меридианная часть D'	Площадь трапеции с разностью долгот в 1 радиан P (кв. км)
0,0	6 356 863	6 378 245	0,0000000	0,000	0,0
0,5	6 356 866	6 378 004	0,0086683	29,800	352 636,9
1,0	6 356 876	6 377 280	0,0173374	59,601	705 247,6
1,5	6 356 892	6 376 074	0,0260077	89,408	1 057 806,1
2,0	6 356 915	6 374 386	0,0346801	119,221	1 410 286,1
2,5	6 356 944	6 372 215	0,0433551	149,044	1 762 661,7
3,0	6 356 980	6 369 562	0,0520335	178,878	2 114 906,6
3,5	6 357 022	6 366 428	0,0607159	208,726	2 466 994,7
4,0	6 357 070	6 362 812	0,0694030	238,590	2 818 900,0
4,5	6 357 125	6 358 714	0,0780955	268,473	3 170 596,3
5,0	6 357 186	6 354 135	0,0867941	298,376	3 522 057,5
5,5	6 357 254	6 349 076	0,0954993	328,303	3 873 257,7
6,0	6 357 328	6 343 536	0,1042120	358,255	4 224 170,6
6,5	6 357 408	6 337 517	0,1129328	388,234	4 574 770,4
7,0	6 357 495	6 331 017	0,1216624	418,244	4 925 031,0
7,5	6 357 588	6 324 039	0,1304014	448,287	5 274 926,4
8,0	6 357 687	6 316 582	0,1391507	478,365	5 624 430,5
8,5	6 357 793	6 308 647	0,1479108	508,480	5 973 517,5
9,0	6 357 905	6 300 234	0,1566825	538,635	6 322 161,5
9,5	6 358 022	6 291 345	0,1654665	568,832	6 670 336,4
10,0	6 358 146	6 281 979	0,1742635	599,074	7 018 016,5
10,5	6 358 276	6 272 138	0,1830742	629,363	7 365 175,9
11,0	6 358 413	6 261 822	0,1918993	659,701	7 711 788,7
11,5	6 358 555	6 251 031	0,2007397	690,092	8 057 829,3
12,0	6 358 703	6 239 768	0,2095959	720,538	8 403 271,7
12,5	6 358 857	6 228 032	0,2184688	751,041	8 748 090,4
13,0	6 359 017	6 215 824	0,2273591	781,603	9 092 259,6
13,5	6 359 183	6 203 145	0,2362676	812,228	9 435 753,7
14,0	6 359 354	6 189 996	0,2451950	842,918	9 778 547,1
14,5	6359532	6176379	0,2541421	873,676	10 120 614,2
15,0	6359715	6162293	0,2631096	904,504	10 461 929,6
15,5	6359903	6147741	0,2720984	935,405	10 802 467,6
16,0	6360097	6132722	0,2811093	966,382	11 142 203,0
16,5	6360297	6117239	0,2901430	997,438	11 481 110,2
17,0	6360502	6101292	0,2992004	1028,575	11 819 164,1
17,5	6360713	6084882	0,3082822	1059,796	12 156 339,2

φ^0	R (м)	r (м)	$\ln U$	D'	P (кв. км)
18,0	6360929	6068011	0,3173894	1091,105	12 492 610,4
18,5	6361150	6050680	0,3265228	1122,503	12 827 952,6
19,0	6361376	6032890	0,3356832	1153,994	13 162 340,5
19,5	6361608	6014642	0,3448715	1185,581	13 495 749,1
20,0	6361844	5995938	0,3540886	1217,267	13 828 153,4
20,5	6362086	5976778	0,3633354	1249,055	14 159 528,6
21,0	6362332	5957166	0,3726127	1280,948	14 489 849,6
21,5	6362584	5937101	0,3819215	1312,950	14 819 091,6
22,0	6362840	5916585	0,3912628	1345,062	15 147 230,1
22,5	6363100	5895620	0,4006374	1377,290	15 474 240,1
23,0	6363366	5874208	0,4100464	1409,636	15 800 097,2
23,5	6363636	5852349	0,4194907	1442,103	16 124 776,7
24,0	6363910	5830046	0,4289713	1474,695	16 448 254,3
24,5	6364189	5807299	0,4384892	1507,415	16 770 505,4
25,0	6364472	5784112	0,4480454	1540,267	17 091 505,9
25,5	6364759	5760484	0,4576411	1573,254	17 411 231,4
26,0	6365050	5736419	0,4672772	1606,381	17 729 657,8
26,5	6365346	5711918	0,4769549	1639,650	18 046 760,9
27,0	6365645	5686982	0,4866752	1673,066	18 362 516,9
27,5	6365948	5661614	0,4964393	1706,633	18 676 901,7
28,0	6366255	5635815	0,5062484	1740,354	18 989 891,5
28,5	6366565	5609587	0,5161035	1774,233	19 301 462,6
29,0	6366880	5582932	0,5260059	1808,275	19 611 591,4
29,5	6367197	5555852	0,5359569	1842,484	19 920 254,2
30,0	6367518	5528350	0,5459576	1876,864	20 227 427,6
30,5	6367842	5500426	0,5560093	1911,419	20 533 088,2
31,0	6368170	5472083	0,5661133	1946,154	20 837 212,8
31,5	6368500	5443324	0,5762710	1981,074	21 139 778,0
32,0	6368834	5414149	0,5864837	2016,182	21 440 761,0
32,5	6369170	5384562	0,5967528	2051,485	21 740 138,6
33,0	6369510	5354565	0,6070796	2086,986	22 037 888,0
33,5	6369851	5324159	0,6174658	2122,691	22 333 986,5
34,0	6370196	5293347	0,6279126	2158,605	22 628 411,3
34,5	6370543	5262132	0,6384217	2194,732	22 921 139,9
35,0	6370892	5230515	0,6489946	2231,079	23 212 149,9
35,5	6371244	5198498	0,6596329	2267,651	23 501 418,9
36,0	6371597	5166085	0,6703382	2304,453	23 788 924,7
36,5	6371953	5133278	0,6811122	2341,491	24 074 645,2
37,0	6372311	5100079	0,6919565	2378,771	24 358 558,4
37,5	6372671	5066490	0,7028731	2416,300	24 640 642,5
38,0	6373032	5032514	0,7138636	2454,082	24 920 875,6

φ^0	R (м)	r (м)	$\ln U$	D'	P (кв. км)
38,5	6373395	4998153	0,7249300	2492,126	25 199 236,2
39,0	6373759	4963410	0,7360741	2530,436	25 475 702,9
39,5	6374125	4928288	0,7472978	2569,021	25 750 254,1
40,0	6374492	4892789	0,7586032	2607,886	26 022 868,7
40,5	6374860	4856916	0,7699924	2647,039	26 293 525,6
41,0	6375230	4820672	0,7814675	2686,487	26 562 203,7
41,5	6375600	4784058	0,7930306	2726,238	26 828 882,3
42,0	6375971	4747078	0,8046840	2766,300	27 093 540,7
42,5	6376343	4709735	0,8164300	2806,680	27 356 158,2
43,0	6376715	4672031	0,8282710	2847,386	27 616 714,4
43,5	6377088	4633970	0,8402095	2888,428	27 875 189,1
44,0	6377462	4595553	0,8522480	2929,813	28 131 562,1
44,5	6377835	4556784	0,8643890	2971,551	28 385 813,5
45,0	6378209	4517666	0,8766353	3013,650	28 637 923,3
45,5	6378583	4478202	0,8889898	3056,122	28 887 871,9
46,0	6378957	4438394	0,9014551	3098,974	29 135 639,6
46,5	6379330	4398246	0,9140343	3142,219	29 381 207,2
47,0	6379703	4357760	0,9267305	3185,865	29 624 555,4
47,5	6380076	4316940	0,9395468	3229,924	29 865 665,1
48,0	6380449	4275789	0,9524866	3274,408	30 104 517,4
48,5	6380820	4234309	0,9655531	3319,327	30 341 093,4
49,0	6381191	4192505	0,9787499	3364,694	30 575 374,6
49,5	6381561	4150378	0,9920806	3410,522	30 807 342,6
50,0	6381930	4107932	1,0055490	3456,823	31 036 979,1
50,5	6382298	4065171	1,0191590	3503,611	31 264 265,9
51,0	6382665	4022098	1,0329147	3550,899	31 489 185,1
51,5	6383031	3978715	1,0468202	3598,703	31 711 719,0
52,0	6383395	3935026	1,0608799	3647,037	31 931 850,0
52,5	6383757	3891034	1,0750984	3695,916	32 149 560,6
53,0	6384118	3846744	1,0894803	3745,357	32 364 833,7
53,5	6384477	3802157	1,1040305	3795,377	32 577 652,0
54,0	6384834	3757277	1,1187542	3845,994	32 787 998,8
54,5	6385190	3712109	1,1336567	3897,225	32 995 857,4
55,0	6385543	3666654	1,1487434	3949,089	33 201 211,1
55,5	6385894	3620918	1,1640202	4001,607	33 404 043,8
56,0	6386242	3574902	1,1794931	4054,799	33 604 339,2
56,5	6386589	3528611	1,1951683	4108,686	33 802 081,4
57,0	6386932	3482047	1,2110524	4163,292	33 997 254,5
57,5	6387273	3435216	1,2271523	4218,639	34 189 843,1
58,0	6387612	3388120	1,2434752	4274,753	34 379 831,8
58,5	6387947	3340762	1,2600284	4331,659	34 567 205,3

φ^0	R (м)	r (м)	$\ln U$	D'	P (кв. км)
59,0	6388280	3293147	1,2768200	4389,384	34 751 948,6
59,5	6388609	3245277	1,2938582	4447,957	34 934 047,0
60,0	6388936	3197158	1,3111515	4507,407	35 113 485,9
60,5	6389259	3148791	1,3287091	4567,766	35 290 250,9
61,0	6389579	3100181	1,3465406	4629,066	35 464 327,8
61,5	6389895	3051333	1,3646560	4691,342	35 635 702,6
62,0	6390208	3002248	1,3830657	4754,630	35 804 361,5
62,5	6390517	2952932	1,4017811	4818,968	35 970 290,9
63,0	6390823	2903387	1,4208138	4884,398	36 133 477,6
63,5	6391125	2853618	1,4401762	4950,961	36 293 908,3
64,0	6391422	2803629	1,4598815	5018,703	36 451 570,2
64,5	6391716	2753423	1,4799434	5087,671	36 606 450,4
65,0	6392006	2703003	1,5003768	5157,916	36 758 536,6
65,5	6392291	2652375	1,5211971	5229,491	36 907 816,3
66,0	6392573	2601542	1,5424210	5302,453	37 054 277,6
66,5	6392849	2550508	1,5640660	5376,863	37 197 908,6
67,0	6393122	2499276	1,5861507	5452,785	37 338 697,6
67,5	6393390	2447851	1,6086952	5530,287	37 476 633,3
68,0	6393653	2396237	1,6317207	5609,443	37 611 704,4
68,5	6393911	2344437	1,6552500	5690,330	37 743 900,1
69,0	6394165	2292455	1,6793074	5773,034	37 873 209,5
69,5	6394414	2240296	1,7039191	5857,642	37 999 622,3
70,0	6394658	2187964	1,7291130	5944,253	38 123 128,0
70,5	6394897	2135462	1,7549193	6032,968	38 243 716,7
71,0	6395131	2082794	1,7813706	6123,901	38 361 378,5
71,5	6395360	2029966	1,8085020	6217,172	38 476 103,9
72,0	6395583	1976980	1,8363513	6312,911	38 587 883,5
72,5	6395802	1923841	1,8649600	6411,260	38 696 708,3
73,0	6396015	1870552	1,8943727	6512,374	38 802 569,3
73,5	6396222	1817119	1,9246382	6616,419	38 905 457,9
74,0	6396424	1763545	1,9558098	6723,579	39 005 365,7
74,5	6396621	1709834	1,9879459	6834,055	39 102 284,6
75,0	6396811	1655990	2,0211106	6948,066	39 196 206,6
75,5	6396996	1602018	2,0553745	7065,857	39 287 124,1
76,0	6397176	1547922	2,0908157	7187,695	39 375 029,6
76,5	6397350	1493706	2,1275208	7313,878	39 459 915,9
77,0	6397517	1439374	2,1655861	7444,737	39 541 776,1
77,5	6397679	1384930	2,2051194	7580,642	39 620 603,5
78,0	6397835	1330378	2,2462415	7722,010	39 696 391,7
78,5	6397985	1275724	2,2890889	7869,308	39 769 134,3
79,0	6398129	1220970	2,3338161	8023,069	39 838 825,5
79,5	6398267	1166122	2,3805992	8183,897	39 905 459,5

φ^0	R (м)	r (м)	$\ln U$	D'	P (кв. км)
80,0	6398399	1111183	2,4296400	8352,487	39 969 030,9
80,5	6398524	1056158	2,4811717	8529,640	40 029 534,5
81,0	6398644	1001051	2,5354650	8716,287	40 086 965,3
81,5	6398757	945866	2,5928372	8913,518	40 141 318,5
82,0	6398864	890608	2,6536633	9122,623	40 192 589,8
82,5	6398964	835280	2,7183911	9345,140	40 240 774,8
83,0	6399058	779888	2,7875609	9582,929	40 285 869,8
83,5	6399146	724435	2,8618336	9838,259	40 327 870,8
84,0	6399228	668926	2,9420288	10113,950	40 366 774,5
84,5	6399303	613365	3,0291804	10413,555	40 402 577,8
85,0	6399371	557756	3,1246186	10741,648	40 435 277,5
85,5	6399433	502104	3,2300949	11104,248	40 464 871,2
86,0	6399489	446413	3,3479815	11509,513	40 491 356,2
86,5	6399538	390687	3,4816043	11968,874	40 514 730,5
87,0	6399581	334931	3,6358342	12499,077	40 534 992,1
87,5	6399617	279149	3,8182228	13126,083	40 552 139,4
88,0	6399646	223345	4,0414211	13893,383	40 566 170,9
88,5	6399669	167524	4,3291459	14882,507	40 577 085,4
89,0	6399686	111690	4,7346414	16276,498	40 584 882,2
89,5	6399696	55847	5,4278069	18659,426	40 589 560,5
90,0	6399699	0	∞	∞	40 591 120,0

$$e^2 = 0,0066934$$

$$a = 6\,378\,245 \text{ м}$$

$$\rho^0 = 57,2957795$$