

Міністерство освіти і науки України  
Луганська обласна державна адміністрація  
Луганський національний університет імені Тараса Шевченка  
ДУ НДІ соціально-трудових відносин Міністерства соціальної політики України  
Луганський відділ Українського Географічного товариства  
Луганський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти  
Газета „Краєзнавство. Географія. Туризм”

# НАУКОВІ ПОШУКИ ГЕОГРАФІЧНОЇ ГРОМАДСЬКОСТІ: минуле, сьогодення, майбуття

*Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції,  
присвяченої 75-річчю утворення Луганської області*

*8–10 жовтня 2013 року*



Луганськ 2013

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРА ДЛЯ ПЕРЕСЧЕТА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ И ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ

Статья просто и доступно рассказывает о сложном преобразовании географической системы координат в плоскую прямоугольную и обратно. Приведены примеры пересчета координат с помощью компьютера. Будет полезна преподавателям топографии при подготовке контрольных заданий студентам.

### 1. Вычисление плоских прямоугольных координат Гаусса по географическим координатам

Плоские прямоугольные координаты Гаусса  $x$  и  $y$  весьма сложно связаны с географическими координатами  $\varphi$  (широта) и  $\lambda$  (долгота) точек земной поверхности. Предположим, что некоторая точка  $A$  имеет географические координаты  $\varphi$  и  $\lambda$ . Поскольку разность долгот граничных меридианов зоны равна  $6^\circ$ , то соответственно для каждой из зон можно получить долготы крайних меридианов: 1-я зона ( $0^\circ - 6^\circ$ ), 2-я зона ( $6^\circ - 12^\circ$ ), 3-я зона ( $12^\circ - 18^\circ$ ) и т.д. Таким образом, по географической долготе точки  $A$  можно определить номер зоны, в которой эта точка находится. При этом долгота  $\lambda_{oc}$  осевого меридиана зоны определится по формуле

$$\lambda_{oc} = 6n - 3,$$

в которой  $n$  – номер зоны.

Для определения плоских прямоугольных координат  $x$  и  $y$  по географическим координатам  $\varphi$  и  $\lambda$  воспользуемся формулами, выведенными для референц-эллипсоида Красовского (референц-эллипсоид – фигура, максимально приближенная к фигуре Земли в той ее части, на которой находится данное государство, либо группа государств):

$$x = 6367558,4969 (\varphi_{рад}) - \{a_0 - [0,5 + (a_4 + a_6 l^2) l^2] l^2 N\} \sin \varphi \cos \varphi \quad (1)$$

$$y(l) = [1 + (a_3 + a_5 l^2) l^2] l N \cos \varphi \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) приняты следующие обозначения:

$y(l)$  – расстояние от точки до осевого меридиана зоны;

$l = (\lambda - \lambda_{oc})$  – разность долгот определяемой точки и осевого меридиана зоны);

$\varphi_{рад}$  – широта точки, выраженная в радианной мере;

$N = 6399698,902 - [21562,267 - (108,973 - 0,612 \cos^2 \varphi) \cos^2 \varphi] \cos^2 \varphi$ ;

$a_0 = 32140,404 - [135,3302 - (0,7092 - 0,0040 \cos^2 \varphi) \cos^2 \varphi] \cos^2 \varphi$ ;

$a_3 = (0,3333333 + 0,001123 \cos^2 \varphi) \cos^2 \varphi - 0,1666667$ ;

$a_4 = (0,25 + 0,00252 \cos^2 \varphi) \cos^2 \varphi - 0,04166$ ;

$$a_5 = 0,0083 - [0,1667 - (0,1968 + 0,0040 \cos^2\varphi) \cos^2\varphi] \cos^2\varphi;$$

$$a_6 = (0,166 \cos^2\varphi - 0,084) \cos^2\varphi.$$

$y'$  – расстояние от осевого меридиана отнесенного на запад 500 км.

По формуле (1) значение координаты  $y(l)$  получают относительно осевого меридиана зоны, т.е. оно может получиться со знаками «плюс» для восточной части зоны или «минус» – для западной части зоны. Для записи координаты  $y$  в зональной системе координат необходимо вычислить расстояние до точки от осевого меридиана зоны, отнесенного западнее на 500 км ( $y'$  в таблице), а впереди полученного значения приписать номер зоны. Например, получено значение

$$y(l) = -303678,774 \text{ м в } 47 \text{ зоне.}$$

$$\text{Тогда } y = 47 (500000,000 - 303678,774) = 47196321,226 \text{ м.}$$

Для вычислений используем электронные таблицы *MicrosoftXL*.

*Пример.* Вычислить прямоугольные координаты точки, имеющей географические координаты (табл. 1, 2):

$$\varphi = 47^{\circ}02'15,0543''; \lambda = 65^{\circ}01'38,2456''.$$

Таблица 1.

	A	B	C	D	E	F
1		Параметр	Вычисления	Град	Мин	Сек
2	1	$\varphi$		47	02	15,0543
3	2	$\varphi$ (град)	=D2+E2/60+F2/3600			
4	3	$\varphi$ (рад)	=РАДИАНЫ(C3)			
5	4	Sin $\varphi$	=SIN(C4)			
6	5	Cos $\varphi$	=COS(C4)			
7	6	Cos2 $\varphi$	=C6^2			
8	7	$\lambda_0$		65	01	38,2456
9	8	№ зоны	=ЦЕЛОЕ((D8+6)/6)			
10	9	$\lambda_0$ с (град)	=(6*C9)-3			
11	10	$l$		=D8-C10	=E8	=F8
12	11	$l$ (град)	=D11+E11/60+F11/3600			
13	12	$l$ (рад)	=РАДИАНЫ(C12)			
14	13	$N$	=6399698,902-((21562,267-(108,973-0,612*C6^2)*C6^2))*C6^2			
15	14	$a_0$	=32140,404-((135,3302-(0,7092-0,004*C6^2)*C6^2))*C6^2			
16	15	$a_4$	=(0,25+0,00252*C6^2)*C6^2-0,04166			
17	16	$a_6$	=(0,166*C6^2-0,084)*C6^2			
18	17	$a_3$	=(0,3333333+0,001123*C6^2)*C6^2-0,1666667			
19	18	$a_5$	=0,0083-((0,1667-(0,1968+0,004*C6^2)*C6^2))*C6^2			
20	19	$l_2$	=C13^2			
21	20	$Nl_2$	=C14*C20			
22	21	$x$	=6367558,4969*C4-(((C15-(((0,5+(C16+C17*C20)*C20))*C20*C14)))C5*C6)			
23	22	$y(l)$	=(1+(C18+C19*C20)*C20)*C13*C14*C6			
24	23	$y'$	=ОКРУГЛ((500000+C23);3)			
25	24	$y$	=СЦЕПИТЬ(C9;C24)			

## Результаты вычислений.

Таблица 2.

	A	B	C	D	E	F
1		<b>Параметр</b>	<b>Вычисления</b>	<b>Град</b>	<b>Мин</b>	<b>Сек</b>
2	1	$\varphi$ (град, мин, сек)		47	02	15,0543
3	2	$\varphi$ (градусы)	47,0375151			
4	3	$\varphi$ (радианы)	0,8209595			
5	4	$\sin \varphi$	0,7318001			
6	5	$\cos \varphi$	0,6815194			
7	6	$\cos 2\varphi$	0,4644686			
8	7	$\lambda$ (град, мин, сек)		65	01	38,2456
9	8	Номер зоны	11			
10	9	$\lambda_0$ (град)	63			
11	10	$l$ (мин, сек)		02	01	38,2456
12	11	$l$ (градусы)	2,02729			
13	12	$l$ (радианы)	0,03538			
14	13	$N$	6389707,35301			
15	14	$a_0$	32077,69996			
16	15	$a_4$	0,07500			
17	16	$a_6$	-0,00320			
18	17	$a_3$	-0,01160			
19	18	$a_5$	-0,02627			
20	19	$l_2$	0,00125			
21	20	$N$	7999,58855			
22	21	$x$	5213504,619			
23	22	$y(l)$	154079,96640			
24	23	$y'$	654079,96600			
25	24	$y$	11654079,966			

## 2. Вычисление географических координат по плоским прямоугольным координатам Гаусса

Для решения данной задачи также используются формулы пересчета, полученные для референц-эллипсоида Красовского.

Предположим, что нам необходимо вычислить географические координаты  $\varphi$  и  $\lambda$  точки  $A$  по ее плоским прямоугольным координатам  $x$  и  $y$ , заданным в зональной системе координат. При этом значение координаты  $y$  записано с указанием номера зоны и с учетом переноса осевого меридиана зоны западнее на 500 км.

Предварительно по значению  $y$  находят номер зоны, в которой расположена определяемая точка. По номеру зоны определяют долготу  $\lambda_0$  осевого меридиана и по расстоянию от точки до отнесенного на запад осевого меридиана находят расстояние  $y(l)$  от точки до осевого меридиана зоны (последнее может быть со знаком плюс или минус).

Значения географических координат  $\varphi$  и  $\lambda$  по плоским прямоугольным координатам  $x$  и  $y$  находят по формулам:

$$\varphi = \varphi_x - [1 - (b_4 - 0,12 z^2) z^2] z^2 b_2 \rho'' \quad (3)$$

$$\lambda = \lambda_0 + l \quad (4)$$

$$l = [1 - (b_3 - b_5 z^2) z^2] z \rho'' \quad (5)$$

В формулах (3) и (5):

$$\varphi_x'' = \beta'' + \{50221746 + [293622 + (2350 + 22\cos^2\beta)\cos^2\beta]\cos^2\beta\} 10^{-10} \sin\beta \cos\beta \rho'';$$

$$\beta'' = (X / 6367558,4969) \rho''; \rho'' = 206264,8062'' - \text{число секунд в одном радиане};$$

$$z = Y(L) / (N_x \cos \varphi_x);$$

$$N_x = 6399698,902 - [21562,267 - (108,973 - 0,612 \cos^2 \varphi_x) \cos^2 \varphi_x] \cos^2 \varphi_x;$$

$$b_2 = (0,5 + 0,003369 \cos^2 \varphi_x) \sin \varphi_x \cos \varphi_x;$$

$$b_3 = 0,333333 - (0,166667 - 0,001123 \cos^2 \varphi_x) \cos^2 \varphi_x;$$

$$b_4 = 0,25 + (0,16161 + 0,00562 \cos^2 \varphi_x) \cos^2 \varphi_x;$$

$$b_5 = 0,2 - (0,1667 - 0,0088 \cos^2 \varphi_x) \cos^2 \varphi_x.$$

Для вычислений используем электронные таблицы *MicrosoftXL*.

*Пример.* Вычислить географические координаты точки по прямоугольным (табл. 3, 4):  $x = 5213504,619$ ;  $y = 11654079,966$ .

Таблица 3.

	A	B	C	D	E	F
1		Параметр	Вычисления	Град.	Мин.	Сек.
2	1	$x$	5213504,619			
3	2	$y$	11654079,966			
4	3	№ зоны	=ЕСЛИ(C3<1000000;C3/100000;C3/1000000)			
5	4	№ зоны	=ЦЕЛОЕ(C4)			
6	5	$\lambda''_{oc}$	=C5*6-3			
7	6	$y$	=C3-C5*1000000			
8	7	$y(L)$	=C7-500000			
9	8	$\rho''$	206264,8062			
10	9	$\beta''$	=C2/6367558,4969*C9			
11	10	$\beta$ рад	=РАДИАНЫ(C10/3600)			
12	11	$\beta$		=ЦЕЛОЕ (C10/3600)	=ЦЕЛОЕ ((C10-D12*3600)/60)	=C10-D12* 3600-E12*60
13	12	$\sin \beta$	=SIN(C11)			
14	13	$\cos \beta$	=COS(C11)			
15	14	$\cos^2 \beta$	=C14^2			
16	15	$\varphi_x''$	=C10+(((50221746+((293622+(2350+22*C14^2)*C14^2))*C14^2))) 10^-10*C13*C14*C9			
17	16	$\varphi_x$ рад	=РАДИАНЫ(C16/3600)			
18	17	$\varphi_x$		=ЦЕЛОЕ (C16/3600)	=ЦЕЛОЕ ((C16-D18*3600)/60)	=C16-D18* 3600-E18*60
19	18	$\sin \varphi_x$	=SIN(C17)			
20	19	$\cos \varphi_x$	=COS(C17)			
21	20	$\cos^2 \varphi_x$	=C20^2			
22	21	$N_x$	=6399698,902-((21562,267-(108,973-0,612*C21)*C21))*C21			
23	22	$N_x \cos \varphi_x$	=C22*C20			
24	23	$z$	=C8/(C22*C20)			
25	24	$z^2$	=C24^2			
26	25	$b_4$	=0,25+(0,16161+0,00562*C21)*C21			
27	26	$b_2$	=(0,5+0,003369*C21)*C19*C20			
28	27	$b_3$	=0,333333-(0,166667-0,001123*C21)*C21			
29	28	$b_5$	=0,2-(0,1667-0,0088*C21)*C21			
30	29	$\varphi''$	=C16-((1-(C26-0,12*C25)*C25))*C25*C27*C9			
31	30	$\varphi$		=ЦЕЛОЕ (C30/3600)	=ЦЕЛОЕ ((C30-D31*3600)/60)	=C30-D31* 3600-E31*60
32	31	$l''$	=((1-(C28-C29*C25)*C25))*C24*C9			
33	32	$l'$		=ЦЕЛОЕ (C32/3600)	=ЦЕЛОЕ ((C32-D33*3600)/60)	=C32-D33* 3600-E33*60
34	33	$\lambda$		=C6+D33	=E33	=F33

## Результаты вычислений

Таблица 4.

	A	B	C	D	E	F
1		<b>Параметр</b>	<b>Вычисления</b>	<b>Град.</b>	<b>Мин.</b>	<b>Сек.</b>
2	1	$x$	5213504,619			
3	2	$y$	11654079,966			
4	3	<i>Номер зоны*</i>	11,654080			
5	4	<i>Номер зоны</i>	11			
6	5	$\lambda^{\circ}$ (град)	63			
7	6	$y^l$	654079,966			
8	7	$y(l)$	154079,966			
9	8	$\rho''$	206264,8062			
10	9	$\beta''$	168881,4512			
11	10	$\beta$ рад	0,818760381			
12	11	$\beta$		46	54	41,4512
13	12	$\sin \beta$	0,730299573			
14	13	$\cos \beta$	0,683127026			
15	14	$\cos^2 \beta$	0,466662533			
16	15	$\varphi_x''$	169399,6629			
17	16	$\varphi_x$ рад	0,821272742			
18	17	$\varphi_x$		47	03	19,6629
19	18	$\sin \varphi_x$	0,732013529			
20	19	$\cos \varphi_x$	0,681290095			
21	20	$\cos^2 \varphi_x$	0,464156194			
22	21	$Nx$	6389714,058			
23	22	$Nx \cos \varphi_x$	4353248,900			
24	23	$z$	0,035394247			
25	24	$z^2$	0,001252753			
26	25	$b_4$	0,326223061			
27	26	$b_2$	0,250136643			
28	27	$b_3$	0,25621542			
29	28	$b_5$	0,124521043			
30	29	$\varphi''$	169335,0543			
31	30	$\varphi$		47	02	15,0543
32	31	$l''$	7298,245583			
33	32	$l^{\circ}$		2	01	38,2456
34	33	$\lambda$		65	01	38,2456

Если вычисления произведены верно, копируем обе таблицы на один лист, скрываем строки промежуточных вычислений и колонку № п/п, а оставляем только строки ввода исходных данных и результатов вычислений. Форматируем таблицу и корректируем название колонок и столбцов по вашему усмотрению.

Рабочие таблицы могут выглядеть так (табл. 5)

Таблица 5.

	В	С	Д	Е	Ф
1	<b>Прямоугольные в географические</b>				
2	Параметр	Прямоугольные	Географические		
3			Град	Мин	Сек
4	х	6069250			
5	у	4310150			
33	$\varphi^\circ$		54	42	43
36	$\lambda^\circ$		18	03	14
37	<b>Географические в прямоугольные</b>				
39	$\varphi^\circ$		47	02	15
45	$\lambda^\circ$		65	01	38
59	х	5213504.619			
62	у	11654079.966			

*Примечания.*

1. В зависимости от требуемой точности можно увеличить или уменьшить разрядность.

2. Количество строк в таблицах можно сократить, объединив вычисления. Например, радианы угла не вычислять отдельно, а сразу записать в формулу =SIN(РАДИАНЫ(С3)).

3. Округление в п. 23 табл. 1. производим для «сцепления». Число разрядов в округлении 3.

4. Если не изменить формат ячеек в колонках «Град» и «Мин», то нулей перед цифрами не будет. Изменение формата здесь выполнено только для зрительного восприятия (по решению автора) и на результаты вычислений не влияет.

5. Чтобы случайно не повредить формулы следует защитить таблицу: *Сервис / Защитить лист*. Перед защитой выделить ячейки для ввода исходных данных, а затем: *Формат ячеек / Защита / Защищенная ячейка* – убрать галочку.

**Литература**

1. Афонин К.Ф. Высшая геодезия. Системы координат и преобразования между ними: учеб.-метод. пособие / Афонин К.Ф. – Новосибирск: СПА, 2011. – 66 с.  
 2. Закатов П.С. Курс высшей геодезии. Изд. 4, перераб. и доп. / Закатов П.С. – М., «Недра», 1976. – 511 с.  
 3. Попов В. Н. Геодезия: учебник для вузов / В. Н. Попов, С. И. Чекалин. – М.: «Горная книга», 2007. – 518 с.