

# Переход от одной системы координат к другой - методы трансформации

[Обсудить в форуме](#) Комментариев — 40

Эта страница опубликована в основном списке статей сайта по адресу <http://gis-lab.info/qa/datum-transform-methods.html>

Методы трансформации с формулами

Координаты любой точки земной поверхности в разных системах координат будут различаться, переход от одной системы координат к другой осуществляется с помощью специальных формул преобразований и [набора параметров](#), используемых в этих формулах.

## Содержание

- [1 Преобразования из геоцентрических в геоцентрические координаты](#)
  - [1.1 Geocentric translations](#)
  - [1.2 Position Vector](#)
  - [1.3 Coordinate frame rotation](#)
- [2 Преобразования из географических в географические координаты](#)
  - [2.1 Преобразование Молоденского](#)
  - [2.2 Сокращенное преобразование Молоденского](#)
- [3 Ссылки по теме](#)

## Преобразования из геоцентрических в геоцентрические координаты

Эти преобразования могут использоваться как посредник между преобразованием из географических в географические координаты по схеме:

географические в геоцентрические > геоцентрические в геоцентрические > геоцентрические в географические

### Geocentric translations

EPSG code: 9603

Параметры: смещение по оси X, смещение по оси Y, смещение по оси Z

Если исходная и конечная система координат геоцентрические, оси эллипсоидов параллельны, главный меридиан - Гринвичский и нет разницы в масштабах, это преобразование позволяет вычислить координаты в конечной системе координат простым прибавлением смещения соответствующим координатам в исходной системе координат.

$$\begin{aligned}X_t &= X_s + dX \\Y_t &= Y_s + dY \\Z_t &= Z_s + dZ\end{aligned}$$

### Position Vector

EPSG code: 9606

Параметры: смещение по оси X, смещение по оси Y, смещение по оси Z, поворот по оси X, поворот по оси Y,

поворот по оси Z, масштабирование

Одно из 7-параметрических преобразований Гельмерта, использующее формулу Бурша-Вольфа.

$$\begin{pmatrix} X_t \\ Y_t \\ Z_t \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} 1 & -R_x & +R_y \\ +R_x & 1 & -R_x \\ -R_y & +R_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{pmatrix}$$

где

$X_s, Y_s, Z_s$ - координаты точки в исходной системе координат.

$X_t, Y_t, Z_t$ - координаты точки в конечной системе координат.

$dX, dY, dZ$  - вектор смещения, добавляемый к исходной точке, также является координатами начала координат исходной системы координат в конечной системе координат.

$R_x, R_y, R_z$  - повороты, добавляемые к вектору смещения. Положительное значение означает поворот по часовой стрелке исходя из начала координат вдоль положительного хода соответствующей оси. Углы измеряются в радианах.

$M$  - масштабирование вектора преобразования в исходной системе координат необходимое, чтобы получить правильный масштаб в конечной системе.  $M = 1 + dS \cdot 10^{-6}$ , где  $dS$  - масштабирование выражаемое в частях на миллион.

Это преобразование может использоваться как промежуточное между преобразованием из географических в географические координаты (см. [Geocentric translations](#)).

Пример программной реализации можно посмотреть [здесь](#).

## Coordinate frame rotation

EPSG code: 9607

Параметры: смещение по оси X, смещение по оси Y, смещение по оси Z, поворот по оси X, поворот по оси Y, поворот по оси Z, масштабирование.

Одно из 7-параметрических преобразований Гельмерта, использующее формулу Бурша-Вольфа.

$$\begin{pmatrix} X_t \\ Y_t \\ Z_t \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} 1 & -R_x & +R_y \\ +R_x & 1 & -R_x \\ -R_y & +R_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_s \\ Y_s \\ Z_s \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{pmatrix}$$

Преобразование аналогичное Position Vector, но отличающееся инвертированными значениями поворотов  $R_x, R_y, R_z$ . Международная геодезическая ассоциация (IAG) и международный стандарт ISO 19111 (Geographic information -- Spatial referencing by coordinates) рекомендуют для описания преобразования использовать Position Vector. В ArcGIS это преобразование эквивалентно преобразованию Бурша-Вольфа.

Это преобразование может использоваться как посредник между преобразованием из географических в географические координаты (см. [Geocentric translations](#)).

## Преобразования из географических в географические координаты

Данный вид преобразований позволяет перейти от географических координат к географическим сразу, без этапа пересчета из одной геоцентрической системы координат в другую. Параметры перехода из

геоцентрической в геоцентрическую СК используются как часть общего набора параметров.

## Преобразование Молоденского

EPSG code: 9604

Параметры: смещение по оси X, смещение по оси Y, смещение по оси Z, разница в длине малой полуоси, разница в уплощении

$$d\varphi = -dX \sin \varphi_s \cos \lambda_s - dY \sin \varphi_s \sin \lambda_s + dZ \cos \varphi_s + da \frac{v_s e^2 \sin \varphi_s \cos \varphi_s}{a} \\ + df \left( \rho_s \left( \frac{a}{b} \right) + v_s \left( \frac{b}{a} \right) \right) \sin \varphi_s \cos \varphi_s$$

$$d\lambda = \frac{-dX \sin \lambda_s + dY \cos \lambda_s}{(v_s + h) \cos \varphi_s \sin 1''}$$

$$dh = dX \cos \varphi_s \cos \lambda_s + dY \cos \varphi_s \sin \lambda_s + dZ \sin \varphi_s - da \left( \frac{a}{v_s} \right) + df \left( \frac{b}{a} \right) v_s \sin^2 \varphi_s$$

где:

$\varphi, \lambda$  - разница по широте и долготе в угловых секундах;

$dX, dY, dZ$  - параметры геоцентрического смещения

$\rho$  - горизонтальный (меридиональный) радиус кривизны на данной широте первого эллипсоида

$v$  - вертикальный (широтный) радиус кривизны на данной широте первого эллипсоида

$da$  - разница между длинами малых полуосей ( $a_1 - a_2$ ) исходного и конечного эллипсоидов

$df$  - разница между уплощениями этих эллипсоидов.

$$\rho_s = \frac{a_s (1 - e_s^2)}{(1 - e_s^2 \sin^2 \varphi_s)^{\frac{3}{2}}}$$

$$v_s = \frac{a_s}{(1 - e_s^2 \sin^2 \varphi_s)^{\frac{1}{2}}}$$

$$da = a_i - a_s$$

$$df = f_i - f_s = \frac{1}{1/f_i} - \frac{1}{1/f_s}$$

где

$f$  - уплощение эллипсоида;

$e$  - эксцентриситет;

## Сокращенное преобразование Молоденского

EPSG code: 9605

смещение по оси X, смещение по оси Y, смещение по оси Z, разница в длине малой полуоси, разница в уплощении

This transformation is a truncated Taylor series expansion of a transformation between two geographic coordinate systems, modelled as a set of geocentric translations.

$$\varphi_t = \varphi_s + d\varphi$$

$$\lambda_t = \lambda_s + d\lambda$$

$$h_t = h_s + dh$$

где  $\varphi_{s,t}$  - исходная и конечная долгота,  $\lambda_{s,t}$  - исходная и конечная широта,  $h_{s,t}$  - исходная и конечная высота:

$$d\varphi = \frac{-dX \sin \varphi_s \cos \lambda_s - dY \sin \varphi_s \sin \lambda_s + dZ \cos \varphi_s + (a \cdot df + f \cdot da) \sin 2\varphi_s}{\rho_s \sin 1''}$$

$$d\lambda = \frac{-dX \sin \lambda_s + dY \cos \lambda_s}{v_s \cos \varphi_s \sin 1''}$$

$$dh = dX \cos \varphi_s \cos \lambda_s + dY \cos \varphi_s \sin \lambda_s + dZ \sin \varphi_s + (a \cdot df + f \cdot da) \sin^2 \varphi_s - da$$

где:

$\varphi, \lambda$  - разница по широте и долготе в угловых секундах;

$dX, dY, dZ$  - параметры геоцентрического смещения;

$\rho$  - горизонтальный (меридиональный) радиус кривизны на данной широте первого эллипсоида;

$v$  - вертикальный (широтный) радиус кривизны на данной широте первого эллипсоида;

$da$  - разница между длинами малых полуосей ( $a_1 - a_2$ ) исходного и конечного эллипсоидов;

$df$  - разница между уплотнениями этих эллипсоидов.

$$\rho_s = \frac{a_s (1 - e_s^2)}{(1 - e_s^2 \sin^2 \varphi_s)^{\frac{3}{2}}}$$

$$v_s = \frac{a_s}{(1 - e_s^2 \sin^2 \varphi_s)^{\frac{1}{2}}}$$

$$da = a_t - a_s$$

$$df = f_t - f_s = \frac{1}{1/f_t} - \frac{1}{1/f_s}$$

где

$f$  - уплотнение эллипсоида;

$e$  - эксцентриситет;

Сокращенная (abridged) форма преобразования Молоденского отличается от полной тем, что она [игнорирует сдвиг по высоте](#) и используется для сокращения вычислений.

## Ссылки по теме

- [Загрузка данных с GPS в нужной системе координат \(DNRGarmin\)](#)
- [ГОСТ 51794-2001 Аппаратура радионавигационная глобальной навигационной спутниковой системы и глобальной системы позиционирования. Системы координат. Методы преобразования координат определяемых точек.](#)
- [Формулы пересчета данных GPS-измерений из WGS-84 в СК-42 и обратно](#)
- [NGA: Standard Molodensky Transformations](#)

[Обсудить в форуме](#) Комментариев — 40

Последнее обновление: 2014-08-11 12:26

Дата создания: 23.08.2009  
Автор(ы): [Максим Дубинин](#)