

Перерасчет координат пункта полученных с электронных карт Google

О. В. Чумакова^{1}, А. В. Елагин¹*

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: olga2015qw@yandex.ru

Аннотация. Все чаще на производстве инженеры используют новые технологии для получения координат точек местности, где планируется или ведется строительство. Но не каждая фирма может позволить себе дорогой спутниковый ГНСС-приемник, который будет автоматически делать перерасчет координат из системы WGS-84 в местную или региональную системы координат. В случаях, когда оборудование позволяет получать координаты в WGS-84, но не переводит их в требуемые системы координат можно воспользоваться информационными продуктами для решений задач геодезии и земельного кадастра. При решении некоторых практических задач координаты могут быть получены даже с использованием топографических карт и с помощью компьютерных программ сделан необходимый их перерасчет.

Ключевые слова: координаты, WGS-84, ГСК-2011, региональные и местные системы координат

Recalculation of the coordinates of a point obtained from Google electronic maps

O.V. Chumakova^{1}, A.V. Elagin¹*

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk Russian Federation
* e-mail: olga2015qw@yandex.ru

Abstract. Increasingly, engineers use new technologies in production to obtain coordinates of points of terrain where construction is planned or underway. But not every firm can afford an expensive satellite GNSS receiver that will automatically recalculate coordinates from a WGS-84 system to a local or regional coordinate system. In cases where the equipment allows to obtain coordinates in the WGS-84, but does not transfer them to the required coordinate systems, you can use information products to solve the problems of geodesy and land cadastre. When solving some practical problems, coordinates can be obtained even using topographic maps and the necessary recalculation is made using computer programs.

Keywords: coordinates, WGS-84, GSK-2011, regional and local coordinate systems

Введение новой государственной геодезической общеземной системы координат ГСК-2011 предполагает пересчет координат всех пунктов государственных и местных сетей из старых систем (например, СК-42 или СК-95) в принятую правительством Российской Федерации новую систему.

Систему координат можно изобразить как некую систему отсчета, ориентированную на плоскости двумя направлениями, а в пространстве тремя. Если

вспомнить математическую систему, то она представлена двумя взаимно перпендикулярными направлениями, имеющими названия осей абсцисс (x) и ординат (y). Ориентированы они в направлениях на север и восток, соответственно. Пересечение этих линий является началом координат с нулевыми значениями в абсолютной величине. А местоположение точек на плоскости определяется при помощи двух координат x и y.

На территории России используется проекция Гаусса-Крюгера. В этой проекции поверхность эллипсоида вращения делится на зоны геодезическими меридианами. В нашей стране установлены размеры зон в шесть и три градуса по долготе. Первые считаются основными и используются при создании карт масштабов 1:10 000 – 1:1000 000. Трехградусные зоны используются при производстве крупномасштабного картографирования (масштабов 1:5 000 и крупнее) и вводе систем региональных плоских прямоугольных координат.

Недостатков у проекции Гаусса-Крюгера, по мнению специалистов, два. Во-первых, в данной системе координат возникают трудности при математической обработке результатов полевых измерений на объектах, вытянутых вдоль параллели и занимающих значительную площадь (объектах, расположенных в нескольких зонах). Во-вторых, действительные плоские прямоугольные координаты не дают представления о том, где на поверхности земли находится точка. Она может располагаться в любой из 60 шестиградусных зон. Для того чтобы по значениям координат можно было судить о местоположении точки на Земле в каталогах координат пунктов принято помещать так называемые условные координаты Гаусса-Крюгера x' , y' . При этом действительные и условные координаты связаны соотношениями

$$\begin{aligned}x' &= x, \\ y' &= n * 106 + 5 * 105 + y.\end{aligned}\tag{1}$$

Действительные и условные абсциссы равны. Для получения условной ординаты надо к действительной прибавить номер зоны, умноженный на 106 и прибавить 500 000 м. Перенос начала координат к востоку на 500 километров необходим для исключения отрицательных координат.

Для быстрого перерасчета координат созданы программы, позволяющие выполнить прямые и обратные переходы от общеземных систем координат (WGS-84, ПЗ-90.11, ГСК-2011) к региональным и местным системам координат. Как правило, такие программы требуют только ввода исходных координат. Результатом выполнения служит каталог координат в требуемой системе. В зависимости от программы пользователь получает либо только плоские прямоугольные координаты, либо же полный каталог координат пункта во многих часто используемых системах отсчета, применяемых в геодезии.

Существуют программы позволяющие выполнять перерасчет как для одной точки, так и для множества точек определенной области. Вторые, как правило, платные. Программы предоставляют возможность пользователю самостоятельно

выбрать пункты на карте и получить их координаты. Формулы перерасчета будут зависеть от системы координат, в которой построена координатная сетка карты. Например, если пользователь берет координаты пункта с электронной карты, Google – то исходной системой будет WGS-84 с геодезическими (эллипсоидальными) координатами – геодезическая широта (B), геодезическая долгота (L) и высота (H). На рис. 1 показаны различные схемы преобразований координат.

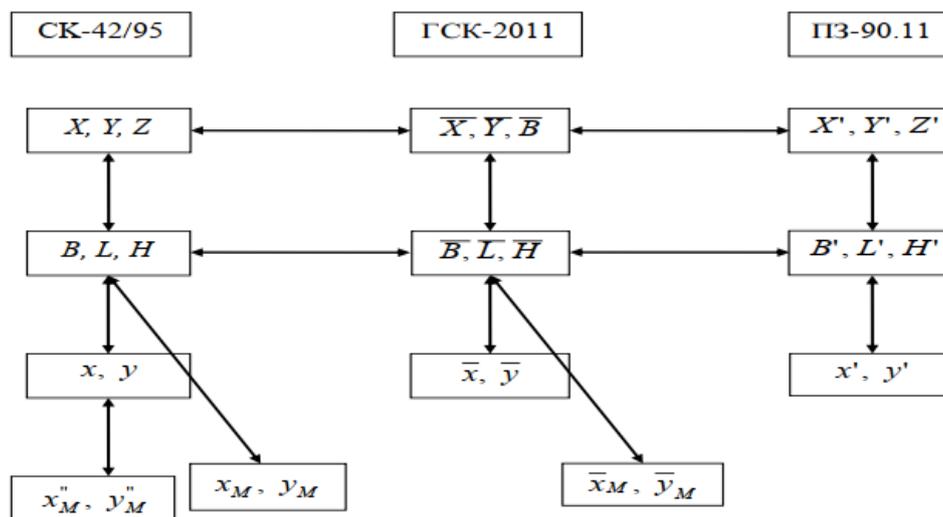


Рис. 1. Схема перехода между системами координат

Из рис. 1 видно, что в исходной системе координат по имеющимся данным пользователь может получить только местные координаты исходной системы, для получения этих же координат в другой системе необходим поэтапный переход.

Однако, пользователи часто сталкиваются с проблемой, когда при преобразовании координат возникают ошибки, отклонения, смещения координат, т.н. «выбросы». Точность координат, вычисляемых с помощью спутниковых методов измерений, зависит от режима, в котором работает приемник (автономный режим, статика, РТК или др.), методики измерений, обработки данных измерений, а также от точности представления параметров преобразования координат. Параметры преобразования в государственную, местную или условную систему должны соответствовать территории, на которую они заданы, и обеспечивать связь между исходной общеземной системой координат и плоской прямоугольной системой координат с достаточной точностью. Многие пользователи спутниковой геодезической аппаратуры находят и пытаются использовать в формате «как есть» параметры преобразования координат или ключи перехода в нормативных документах, инструкциях поставщиков оборудования или в сети Интернет. Сразу стоит оговориться, что без предварительной проверки опубликованных в открытом доступе параметров, полученные результаты перевода могут

значительно отличаться от спутниковых данных, т.е. возникнут ошибки представления координат на неприемлемом для пользователя уровне.

Опубликованные в различных ГОСТ (например, ГОСТ 32453-2017 Глобальная навигационная спутниковая система. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек) параметры преобразования координат из системы координат WGS-84 в государственную систему координат Российской Федерации являются «усредненными» для всей территории России. Вследствие этого они не могут обеспечить точность, которая требуется, например, для определения координат характерных точек объектов недвижимости (для учета в кадастре недвижимости), на отдельно взятых локальных территориях. Имеющиеся в различных открытых источниках ключи перехода в МСК субъекта РФ, вероятно, не смогут обеспечить требуемую точность из-за деформаций опорных геодезических сетей, особенно если МСК сформирована на базе СК-42 или СК-63.

Различные референционные станции и сети, предоставляющие спутниковую корректирующую информацию в нашей стране, могут иметь привязку к сети ITRF на выбранную эпоху, но могут не иметь вообще точной геодезической привязки, когда координаты станции получены из спутниковых наблюдений в автономном (навигационном) режиме простым осреднением координат в системе WGS-84. Также многие владельцы станций осуществляют привязку к исходным пунктам ГГС в системах СК-42, СК-95, МСК и др., а затем по каким-либо опубликованным параметрам преобразуют координаты станции в WGS-84. Но, как уже было сказано, это не имеет ничего общего с привязкой к реальной системе WGS-84. Поскольку в России нет единых нормативных документов, требующих и разъясняющих как осуществлять привязку спутниковых дифференциальных станций к единой системе отсчета по единой методике, то дифференциальные станции различной принадлежности и происхождения могут иметь координаты на разные исходные даты и привязанные относительно различных исходных пунктов (ITRF, IGS, ГГС). Фактически они не связаны между собой и имеют разную точность привязки. Это делает затруднительным (или невозможным) применение единых параметров перехода в государственные, местные и условные систем координат, используемые при работе относительно спутниковых референционных станций и сетей различных операторов или электронных площадок, предоставляющих соответствующие услуги. Зачастую владельцы и операторы референционных станций указывают координаты станций в общеземной пространственной системе координат, полученные различными способами, как было сказано выше, называя это координатами станции в WGS-84, хотя это не верно. Но для методов преобразования координат, описанных ниже, это не имеет большого значения.

Как пример выберем любой пункт (рис.2) на территории Новосибирской области. Его координаты будут в системе WGS-84. Для реализации алгоритма перехода от координат в одной системе, к координатам в другой, было принято решение о разработке программы.

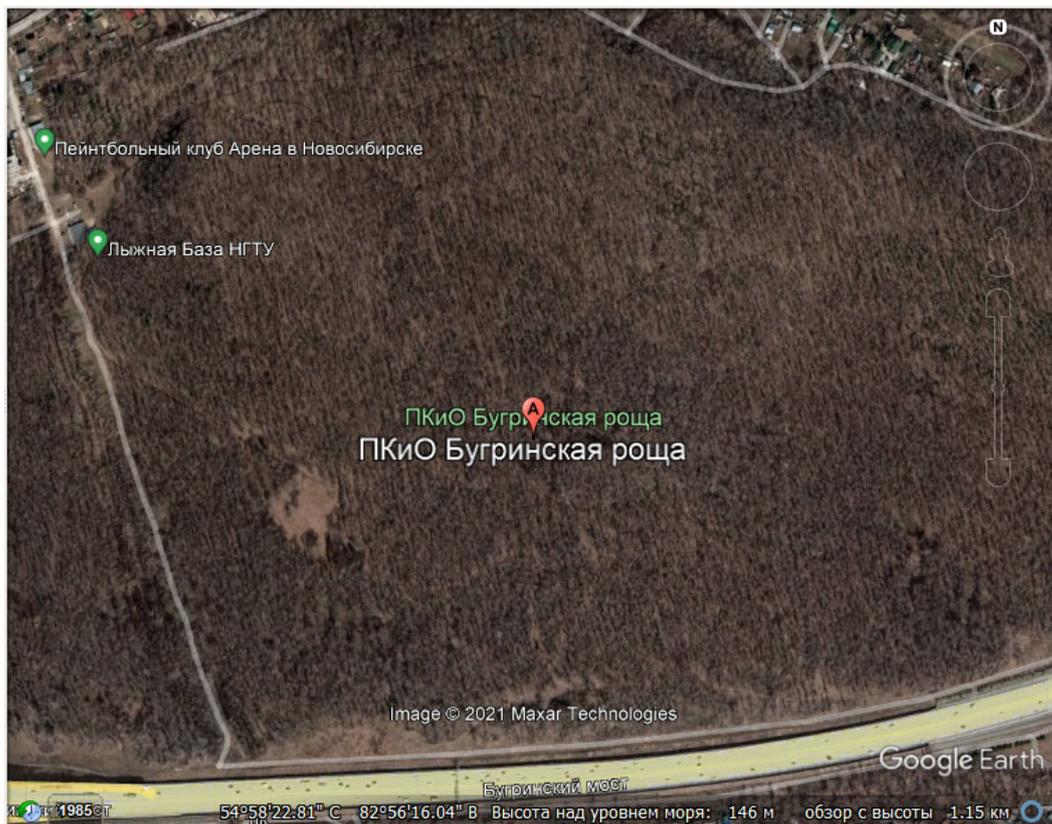


Рис. 2. Метка в программе GoogleEarthPRO

Для разработанной программы широты и долготы выбранной точки необходимо перевести в градусы и доли градуса

$$82 + \frac{58}{60} + \frac{12,2492}{3600} . \quad (2)$$

Полученные данные пользователь заносит в текстовый документ. Этот документ будет потом использован для импорта данных в программу (рис. 3).

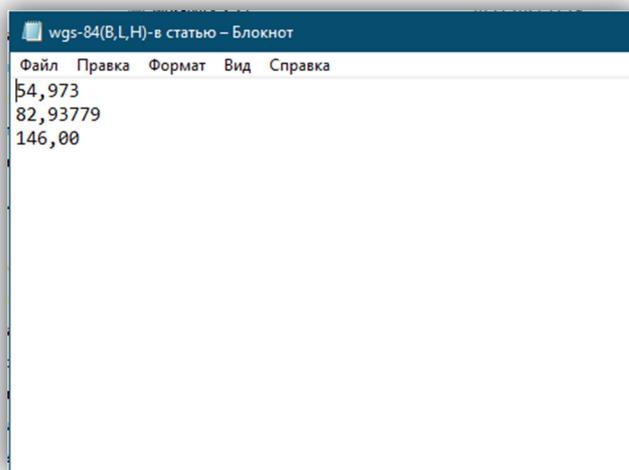


Рис. 3. Координаты пункта

После импорта данных, важно указать параметры эллипсоидов WGS-84 и ГСК-2011, а также указать параметры взаимного ориентирования систем (7-ми параметрическое преобразование Гельмерта).

Так как исходными данными являются геодезические координаты, то программа автоматически переводит их в геоцентрические прямоугольные пространственные координаты. После этого выполняется перерасчет в ГСК-2011 или в любую другую заданную систему координат. Перерасчет программа выполняет по данным и формулам, утвержденным ГОСТ 32453-2017.

Результат перехода к новой системе координат показан на рис. 4.

WGS-84	ГСК-2011
X = 451109.448	X = 451110.13
Y = 3641302.203	Y = 3641302.094
Z = 5199778.485	Z = 5199779.095
B = 54 град 58 мин 22.8 сек	B = 54 град 58 мин 22.8137 сек
L = 82 град 56 мин 16.044 сек	L = 82 град 56 мин 16.0052 сек
H = 146	H = 147.024
x=6095943.103	x=6095942.96
y=14624082.385	y=14624081.674
	km=0
	utm=0

Рис. 4. Результат перехода

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Телеганов, Н.А. Метод и системы координат в геодезии. Учебное пособие. [Текст] / Н.А. Телеганов, Г.Н. Тетерин. – Новосибирск: СГГА, 2008. – 143 с.
2. ГОСТ Р 51794-2008. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. Национальный стандарт Российской Федерации. [Текст] / М.: Стандартинформ, 2009. – 16 с.
3. Крылов В.И. Координатно-временные преобразования в геодезии: учебное пособие - М.: Изд-во МИИГАиК, 2014. –90 с., ил.
4. [Электронный источник] – Режим доступа: <http://www.miigaik.ru/upload/iblock/89f/89f7770bb340bd59c82ccfef267fe99.pdf>
5. «ПАРАМЕТРЫ ЗЕМЛИ 1990 ГОДА» (ПЗ-90.11) Специализированный справочник [Электронный источник] – Режим доступа: <https://structure.mil.ru/files/pz-90.pdf>
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. N 1463 г. Москва "О единых государственных системах координат" [Электронный источник] – Режим доступа: <https://rg.ru/2013/01/08/koordinaty-site-dok.html>
7. Переход на систему геодезических координат ГСК-2011 [Электронный источник] – Режим доступа: <https://rkn.gov.ru/communication/licensing-activity/p878/>

8. «ГЕОСИБИРЬ». Преобразование координат Гаусса-Крюгера из СК-42/95 в ГСК-2011: научная статья/ Афонин К.Ф., 2015. –Т.1, с.149-153.
9. «ГЕОСИБИРЬ». Точность преобразования пространственных прямоугольных координат из общеземных систем в референцные: научная статья/ Афонин К.Ф., 2015. – Т.1, с.160-163.
10. «ГЕОСИБИРЬ». Вычисление площадей территорий в новой государственной системе координат ГСК-2011: научная статья/ Афонин К.Ф., 2016. –Т.2, с.64-69.
11. Глобальная навигационная спутниковая системаСИСТЕМЫ КООРДИНАТМетоды преобразований координат определяемых точек. [Электронный источник]- Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200146867>.

© О. В. Чумакова, А. В. Елагин, 2022