

LGO

Трансформации и модели высот

- when it has to be **right**

Трансформации и модели высот

Обзор

- Различные типы координат
- Типы трансформаций
 - Classical 3D
 - Onestep
 - Twostep
- Модели высот
- Модели геоида



WGS84 геоцентрические и геодезические координаты

Одна и та же точка P может быть представлена в системе WGS84 двумя различными типами координат:

WGS84 Геоцентрический

координаты -

X, Y, Z

P = 4264650.810 X

724089.202 Y

4672014.4546 Z

WGS84 Геодезические коор-

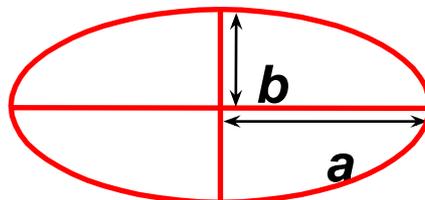
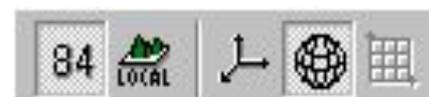
динаты - Широта, Долгота и

Эллипсоидальная высота

P = 47° 23' 45.84283" N

9 ° 38' 10.58730" E

449.6911m

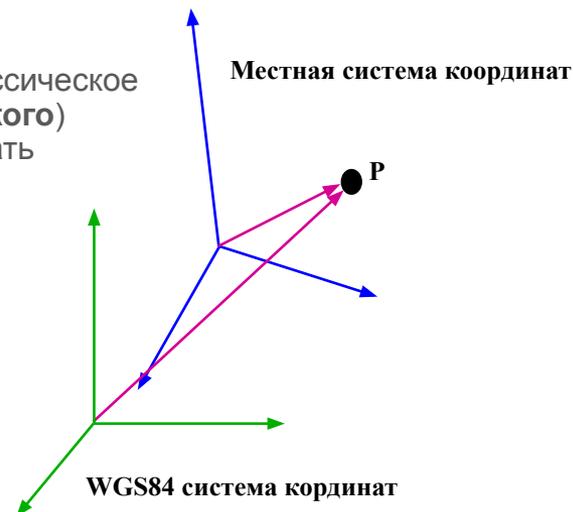


Для пересчета координат из одного типа в другой достаточно указать параметры **эллипсоида WGS84**

Местная системы координат

Координаты точки P можно определить в «местной» системе координат

- Однако существует множество местных систем координат
- Геоцентрические координаты точки P в местной системе могут отличаться от геоцентрических координат WGS84
- Для пересчета координат из одной системы в другую используется классическое преобразование координат по методу **Бурши-Вольфа** (или **Молоденского**) называемое **Classic 3D** трансформацией, для которого необходимо знать следующие значения
 - Сдвиг начала координат - dx , dy и dz
 - угол разворота осей R_x , R_y , R_z
 - Масштабный коэффициент
- На пример, $dx=100$, $dy=100$, $dz=100$

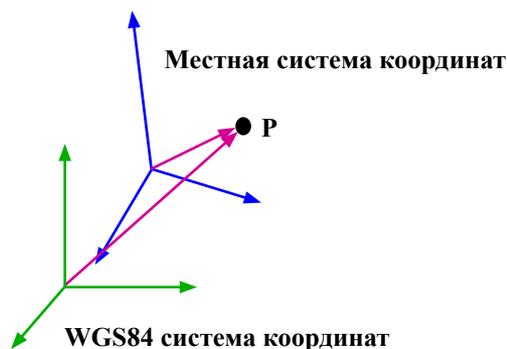


Связь местных и WGS84 геоцентрических координат

После того, как мы ввели параметры преобразования между системами существует **однозначная взаимобратная связь**, и мы можем пересчитывать координаты из WGS84 в местную систему и обратно

WGS84 геоцентрические : X, Y, Z
P = 4264650.810 X
724089.202 Y
4672014.4546 Z

Местные геоцентрические.: X, Y, Z
P = 4264750.810 X
724189.202 Y
4672114.4546 Z



Для пересчета из одной системы координат в другую используется **Classic 3D** трансформация.

when it has to be **right**

Связь между местными геоцентрическими и геодезическими координатами

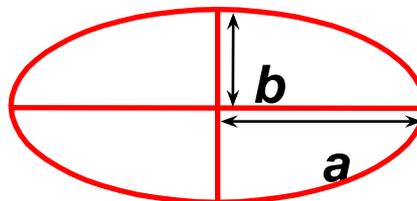
Связь между местными геоцентрическими и геодезическими координатами осуществляется также как и в случае с WGS84

Местные **Геоцентрические** коорд.: X, Y, Z

P = 4264750.810 X
724189.202 Y
4672114.4546 Z

Местные **Геодезические** координаты - Широта, Долгота и

Эллипсоидальная высота
P = 47° 23' 43.14014" N
9 ° 38' 10.49009" E
1305.241m



Для пересчета координат из одного типа в другой достаточно указать параметры **локального**

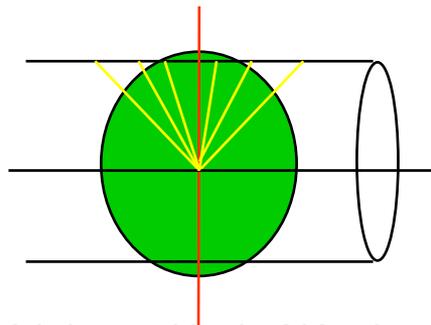
эллипсоида

- when it has to be **right**

Связь местных геодезических и плоских координат (1)

Для большинства задач удобнее работать в плоской системе координат

- Для пересчета из местных геодезических координат в плоские и обратно необходимо задать проекцию
- Существует множество проекций:
 - Меркатора, Ламберта, Кассини,
- При проецировании геодезические координаты преобразовываются в плоские параллельно линиям сетки (север, восток)
- Тип используемой проекции зависит от размеров и формы территории, типа решаемых конкретных задач и т.д....

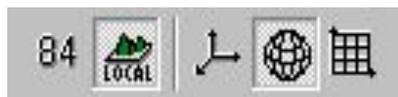


Связь местных геодезических и плоских координат (2)

Таким образом можно определить взаимнообратную связь между координатами

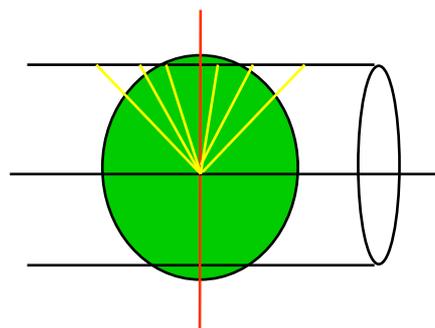
Местные **Геодезические**
координаты - Широта, Долгота и
Эллипсоидальная высота

$P = 47^{\circ} 23' 43.14014''$ N
 $9^{\circ} 38' 10.49009''$ E
1305.241m



Местные **Плоские** коорд.-
Север, Восток, Высота

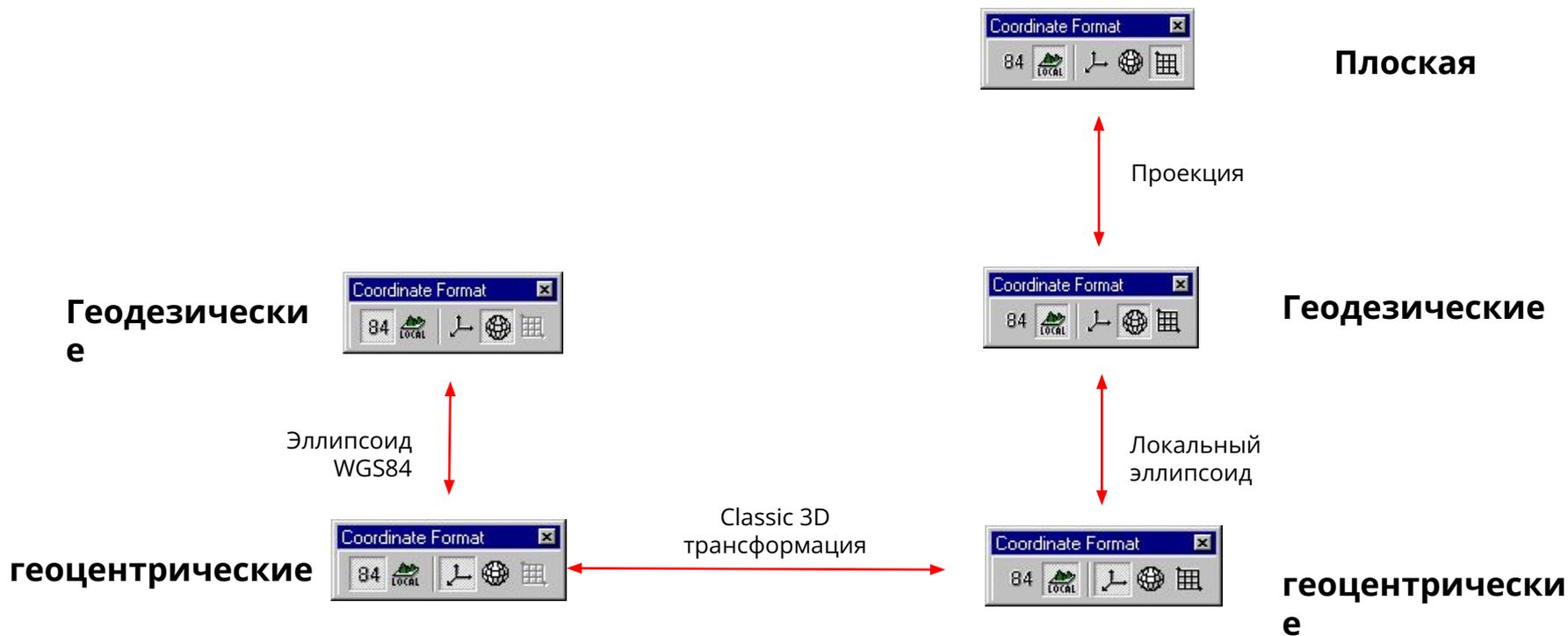
$P = 548091.060$ E
 5248758.030 N
1305.241 m



Для пересчета координат из одного типа в другой достаточно указать параметры **проекции**

Различные типы координат

Как происходит пересчет между системами



WGS84 координаты

Местные координаты

when it has to be right



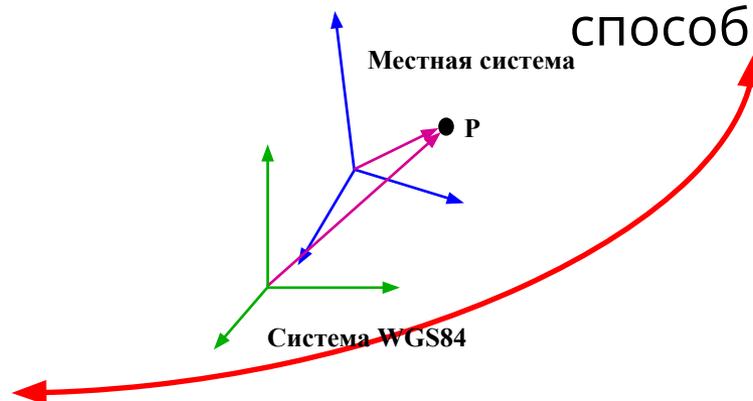
Трансформация Classic 3D

Точки, измеряемые с помощью GPS, получены в системе WGS84

Нам известны местные координаты (полученные из каталогов, тахеометрии или другим способом)

Массив WGS84 координат

Массив Местных координат



Как выполнить трансформацию?

Вычисление параметров трансформации Classic 3D (1)

Массив WGS84 координат

Point Id	Point Class	Latitude	Longitude	Ellip. Hgt.
<input checked="" type="checkbox"/> 1	Control	47° 17' 52.68592" N	9° 17' 27.56392" E	-603.9890
<input checked="" type="checkbox"/> 10	Control	47° 17' 52.61708" N	9° 17' 31.84701" E	-594.9890
<input checked="" type="checkbox"/> 100	Control	47° 18' 08.49795" N	9° 17' 51.44688" E	-504.9839
<input checked="" type="checkbox"/> 101	Control	47° 18' 15.34824" N	9° 17' 28.35076" E	-503.9817
<input checked="" type="checkbox"/> 102	Control	47° 18' 15.34059" N	9° 17' 28.82672" E	-502.9817
<input checked="" type="checkbox"/> 103	Control	47° 18' 15.33294" N	9° 17' 29.30267" E	-501.9817
<input checked="" type="checkbox"/> 104	Control	47° 18' 15.32529" N	9° 17' 29.77863" E	-500.9817
<input checked="" type="checkbox"/> 105	Control	47° 18' 15.31765" N	9° 17' 30.25458" E	-499.9817
<input checked="" type="checkbox"/> 106	Control	47° 18' 15.31000" N	9° 17' 30.73054" E	-498.9817
<input checked="" type="checkbox"/> 107	Control	47° 18' 15.30235" N	9° 17' 31.20649" E	-497.9817

Массив местных координат

Point Id	Point Class	Easting	Northing	Ortho. Hgt.
<input checked="" type="checkbox"/> 1	Control	740000.3829	240000.3851	100.6592
<input checked="" type="checkbox"/> 10	Control	740090.4158	240000.3681	109.5931
<input checked="" type="checkbox"/> 100	Control	740490.7006	240500.4432	199.2526
<input checked="" type="checkbox"/> 101	Control	740000.6000	240700.5997	200.6027
<input checked="" type="checkbox"/> 102	Control	740010.6036	240700.5978	201.5954
<input checked="" type="checkbox"/> 103	Control	740020.6073	240700.5959	202.5880
<input checked="" type="checkbox"/> 104	Control	740030.6109	240700.5940	203.5807
<input checked="" type="checkbox"/> 105	Control	740040.6146	240700.5921	204.5734
<input checked="" type="checkbox"/> 106	Control	740050.6183	240700.5903	205.5660
<input checked="" type="checkbox"/> 107	Control	740060.6219	240700.5884	206.5587

Datum and Map

Point Id	X	Y	Z	Point Id	X	Y	Z
10	4276141.4655	639645.7330	4663855.0473	10	4276141.7038	639646.2574	4663855.5191
100	4275779.5336	700003.6951	4664253.7600	100	4275779.3210	700003.9873	4664254.2401
101	4275705.1289	699499.9270	4664397.9434	101	4275705.2770	699500.2345	4664398.2183
102	4275704.3553	699509.9307	4664398.5182	102	4275704.2667	699510.6930	4664399.6235
103	4275703.5817	699519.9344	4664399.0930	103	4275703.3467	699520.8502	4664400.2840
104	4275702.9081	699529.9380	4664399.6678	104	4275702.1794	699530.7947	4664400.3411
105	4275702.0344	699539.9417	4664400.2426	105	4275702.0824	699540.3192	4664401.4549
106	4275701.2608	699549.9454	4664400.8174	106	4275700.8742	699550.6700	4664401.2035
107	4275700.4871	699559.9491	4664401.3922	107	4275700.7681	699560.2011	4664401.9345

Matched points: 10 / Transformation type: Classical 3D

System A Point Id	System B Point Id	Point Type
1	1	Position + height
10	10	Position + height
100	100	Position + height
101	101	Position + height
102	102	Position + height
103	103	Position + height
104	104	Position + height
105	105	Position + height
106	106	Position + height
107	107	Position + height

Selection Match Results Chart Report

Укажите пары точек по которым будет производиться трансформация

- when it has to be right

Вычисление параметров трансформации Classic 3D (2)

System A	System B	Easting	Northing	Height	Position	Position+Height
1	1	-0.0656	-0.0037	0.0125	0.0657	0.0669
10	10	-0.0336	0.2385	0.0139	0.2409	0.2413
100	100	0.3301	-0.0317	0.0141	0.3316	0.3319
101	101	0.2904	0.4713	0.2282	0.5536	0.5988
102	102	-0.1938	-0.2105	-0.2802	0.2861	0.4005
103	103	-0.3661	-0.3576	-0.2688	0.5117	0.5780
104	104	-0.3684	-0.3001	0.3749	0.4752	0.6053
105	105	0.2166	-0.2327	-0.4282	0.3179	0.5334
106	106	-0.1933	0.0526	0.4251	0.2003	0.4699
107	107	0.3838	0.3737	-0.0914	0.5357	0.5434

Посмотрите **невязки** для оценки и отключения «плохих» пунктов

Transformation parameters

Number of common points: 10 Transformation model: Bursa Wolf
 Rotation origin: X0 0.0000 m
 Y0 0.0000 m
 Z0 0.0000 m

No.	Parameter:	Value	r.m.s.	Unit
1	Shift dX	432.6512	2239.1807	m
2	Shift dY	-4401.5738	4375.1038	m
3	Shift dZ	-1651.6899	2103.7962	m
4	Rotation about X	114.24096	103.20972	"
5	Rotation about Y	48.76539	73.98897	"
6	Rotation about Z	-80.27146	119.06560	"
7	Scale	220.7605	312.8160	ppm

Sigma a priori: 1.0000
 Sigma a posteriori: 0.3088

Можно посмотреть и сохранить параметры трансформации

Сведения о трансформации Classic 3D

Может использоваться как в LGO так и в инструменте

Необходимо иметь плановые координаты и высоту не менее трех точек

(параметры могут быть рассчитаны и при меньшем количестве точек, однако это не рекомендуется)

Необходимо знать параметры локального эллипсоида и параметры проекции (и геоид)

Нельзя посчитать отдельно плановую трансформацию отдельно от высотной

Для точек, которые используются в расчете должны быть известны плановые координаты и высота

Может использоваться при сколь угодно больших размерах сети

В действительности, масштаб ограничен точностью местных координат

Ограничения трансформации Classic 3D

Невозможно использовать, если:

- неравномерная сетка
- Проекция / Эллипсоид неизвестны
- Менее 3 известных точек
- Не все точки имеют плановые координаты и высоту

Геодезически
е



Эллипсоид WGS84

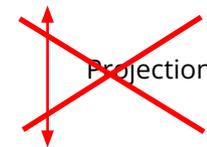
геоцентрические



WGS84 Co-ordinate Side



Плоская



Геодезически
е



~~Classic 3D
Transformation~~

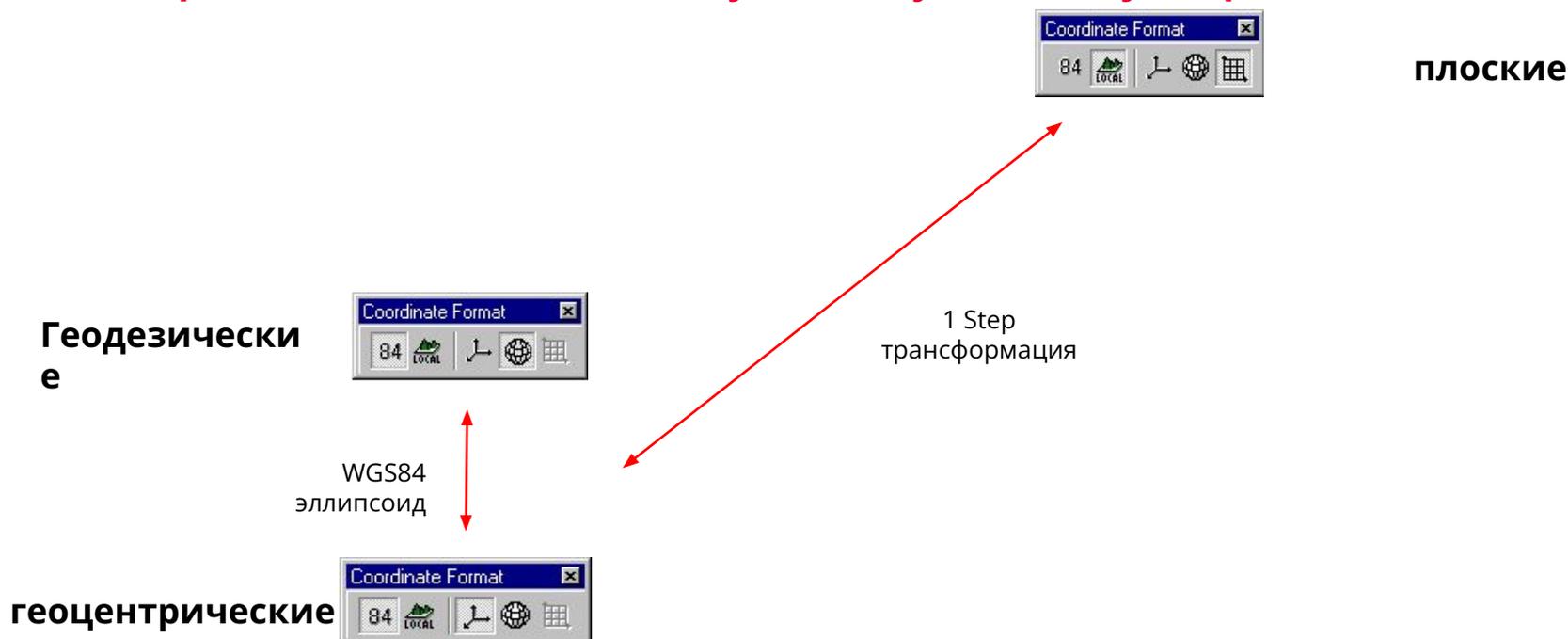


геоцентрически
е

Local Co-ordinate Side

Трансформация 1 Step

Трансформация 1 Step позволяет напрямую преобразовывать координаты из WGS84 в местную плоскую систему координат

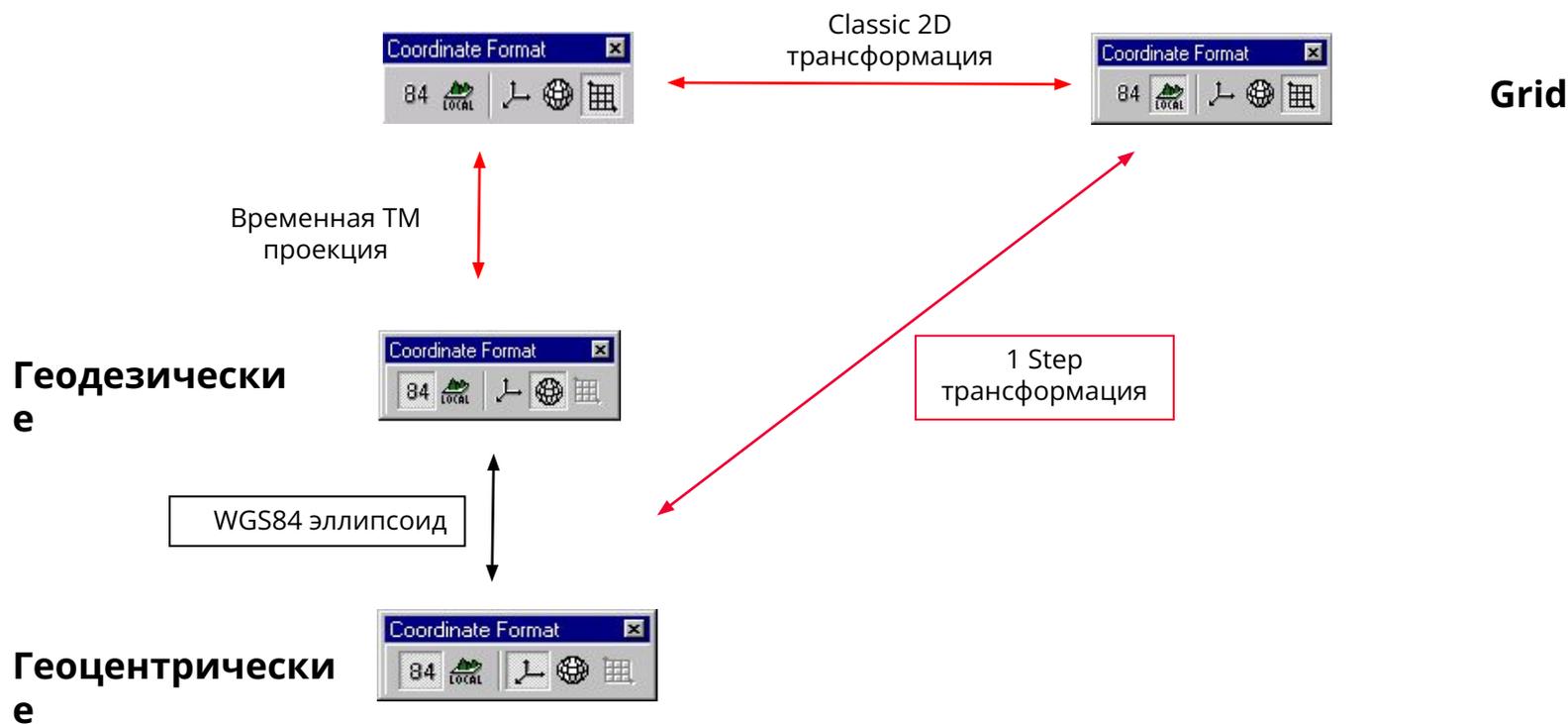


Массив WGS84 координат

Массив местных координат
- when it has to be right

Трансформация 1 Step

Как это работает...

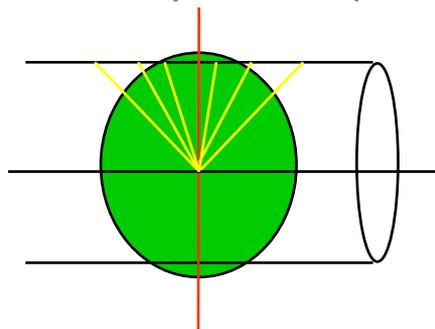


Массив WGS84
координат

Массив местных
координат
- when it has to be **right**

Трансформация 1 Step – Как это работает...?

Для пространственной трансформации координат из WGS84 в местную плоскую систему, координаты сначала трансформируются в плоскую “предварительную” систему с помощью «эскизной» проекции (Поперечный Меркатор)



После этого рассчитывается Трансформация Classical 2D

Плановая и высотная трансформация рассчитывается отдельно, но 1 steps может применяться только для ограниченной территории

Сведения о 1 Step трансформации

Может использоваться как в LGO так и в инструменте

Не нужно знать параметры локального эллипсоида и картографической проекции

Достаточно одной единственной точки для расчета параметров

- Не рекомендуется
- Невозможно рассчитать разворот и масштаб

Возможно использовать различные наборы точек для плановой и высотной трансформации

Можно сопрягать отдельно **Плановые**, **Высотные**, **Планово-высотные**

Но может использоваться только на ограниченной территории

Не рекомендуется использовать больше чем на 10 км, в зависимости от величин искажения

Two-Step трансформация

Объединяет преимущества Classic 3D и Onestep трансформации

Плановая и высотная трансформация рассчитывается отдельно (как в Onestep)

НО: Теперь используется

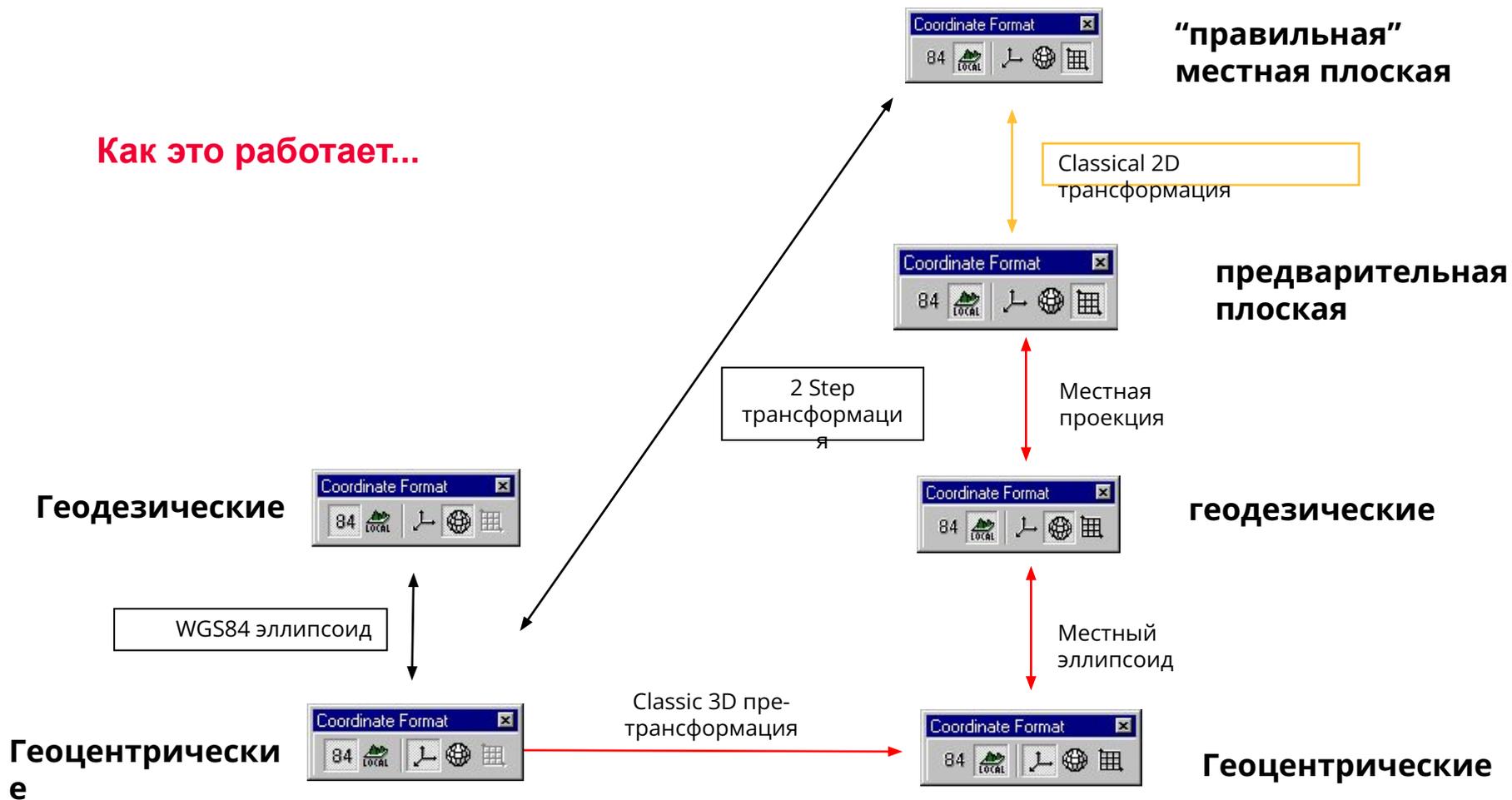
Эллипсоид и картографическая проекция для местной системы

Предварительная Classical 3D трансформация

Не существует ограничения по площади применения ...

Трансформация Two-Step

Как это работает...



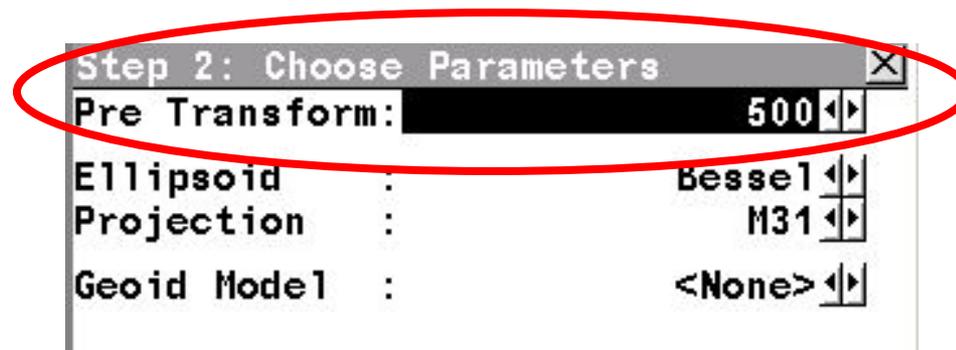
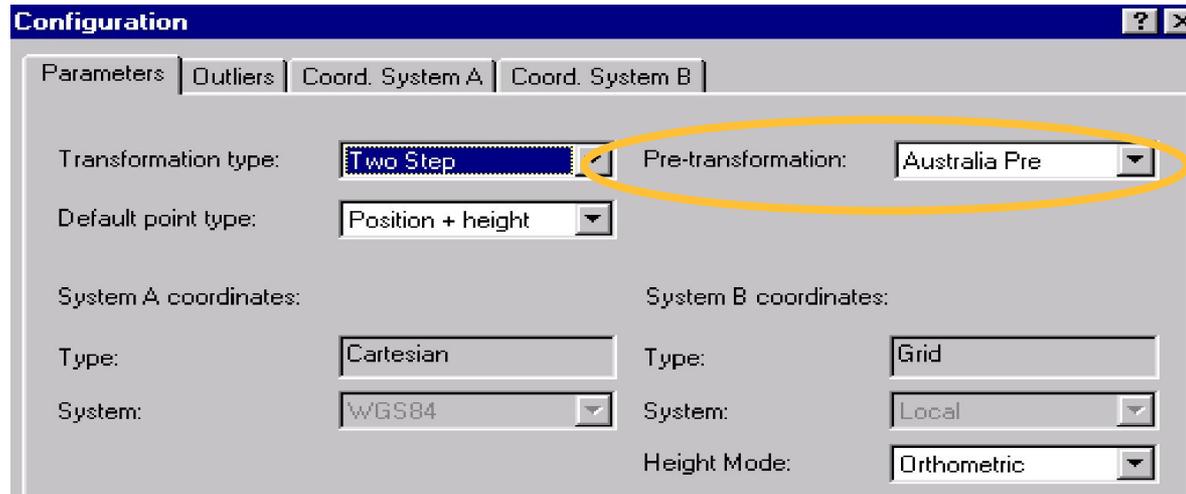
Массив WGS84 координат

Массив местных координат

- when it has to be right



LGO и программное обеспечение приемника...



Сведения о TwoStep трансформации

Может использоваться как в LGO так и в инструменте

На первом этапе производится Пре-трансформация

- При необходимости может быть использована нулевая пре-трансформация

Необходимо знать параметры местного эллипсоида и проекции

Возможно использовать различные пары точек для плановой и высотной трансформации

Можно сопрягать отдельно **Плановые**, **Высотные**, **Планово-высотные**

Нет существует ограничения по площади применения

Сведения о Интерполяции

Может использоваться только в LGO

Рассчитывает параметры трансформации основываясь на аффинном преобразовании и использованием метода коллокации для определения систематической составляющей ошибок

- GPS координаты сжимаются/растягиваются/искажаются на локальную сетку
- Это может быть хорошо/плохо
- Можно указать уровень искажений

Нет необходимости знать локальный геоид и эллипсоид

Плановые и высотные параметры могут быть рассчитаны отдельно

Площадь ограничена примерно 10 км

Сведения о StepWise (пошаговой) трансформации

Может использоваться только в LGO

Комбинация Classic 3D трансформации и интерполяции

- Метод Classic 3D используется для плановой трансформации
- Метод интерполяции используется для высотной трансформации
- Может быть задан уровень искажений

Плановые и высотные параметры могут быть рассчитаны отдельно

Необходимо знать параметры локального эллипсоида и проекции

Нет существующих ограничений по площади применения

Модели высот и геоиды

Модели высот

Ортометрические и геодезические высоты (просто запомните)

Что такое режим высоты?

Какие эффекты от режима высоты?

Установка режима высоты (LGO и в инструменты)

Экспорт типов высот

Геоиды

Основы

Определение типа геоида

Когда рассчитывается N?

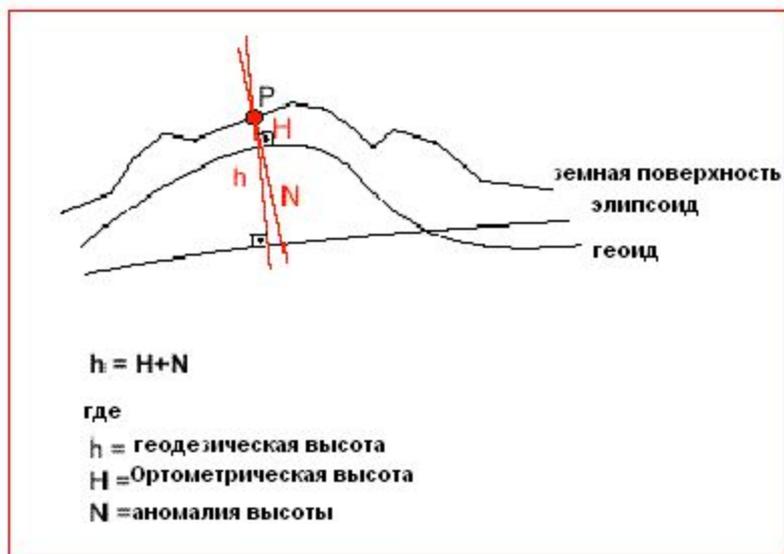
Использование моделей геоида в поле

Комбинация трансформации / геоида

Height Modes

Ортометрическая высота это высота над геоидом

Геодезическая высота это высота над эллипсоидом



Связь между геодезической и ортометрической высотой

С помощью LGO или инструмента можно получать из трансформации как те, так и другие...в зависимости от режима высоты

- when it has to be right

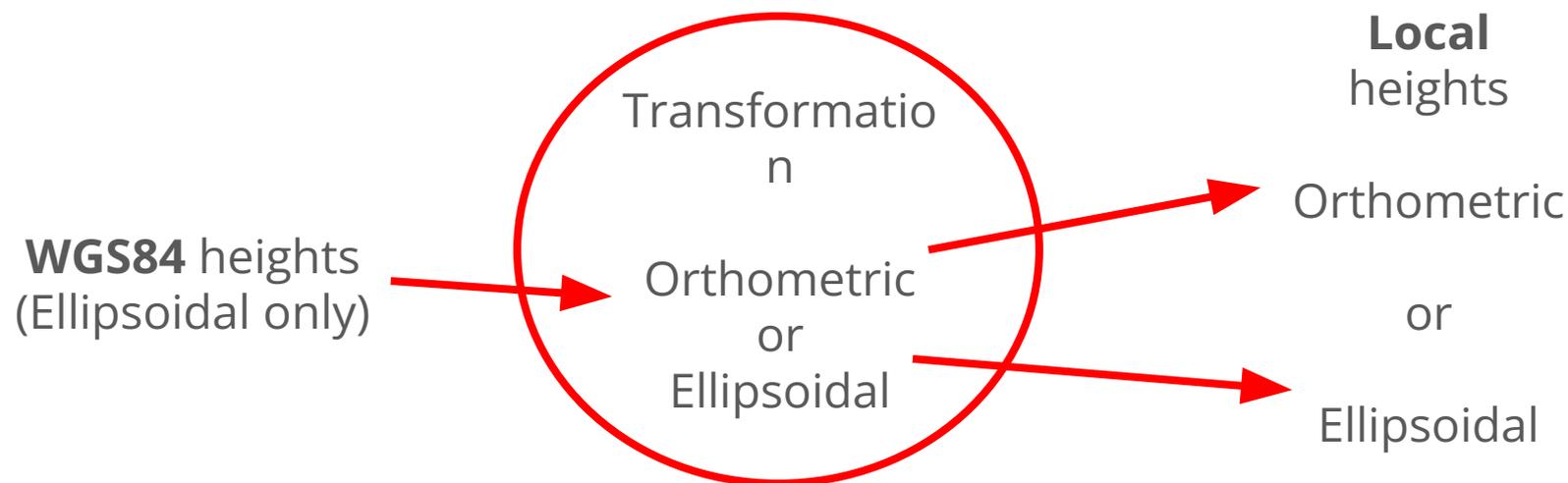
Режим высоты и системы координат

Быстрый обзор...

Режим высоты это **Property** of the **Transformation**.

All transformation types can be of mode **Ellipsoidal** or **Orthometric**

The **Height Mode** will determine how the resulting heights on the **Local** side will be flagged



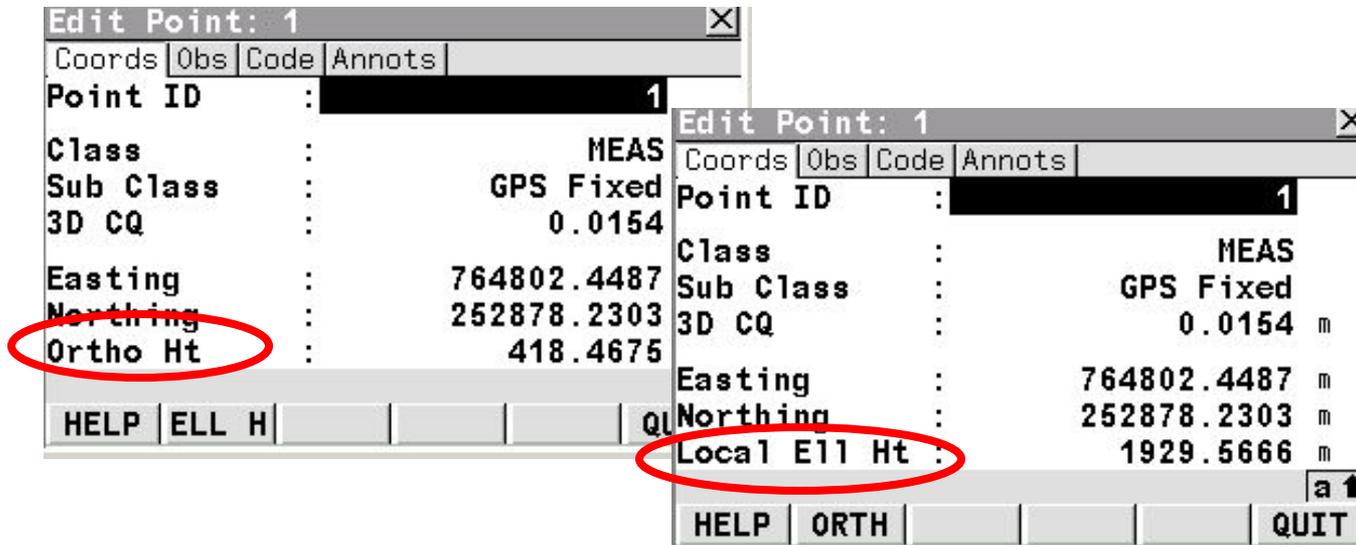
Seeing the Results of Height Modes

On the instrument ...

Seen in any panel where current position is shown

Either **Ortho** or **Ellipsoidal** can be seen in local grid coordinates

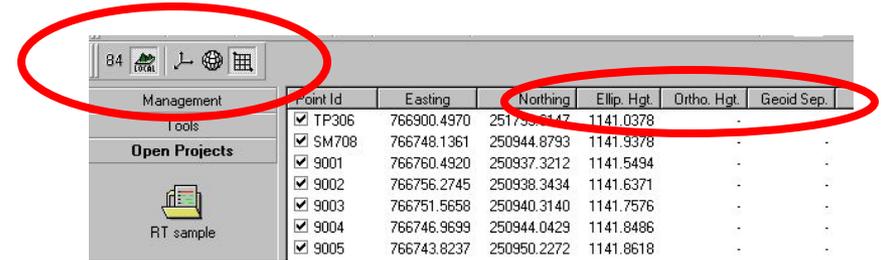
Press Shift F2 to switch, if the geoid model allows...



Seeing the Results of Height Modes

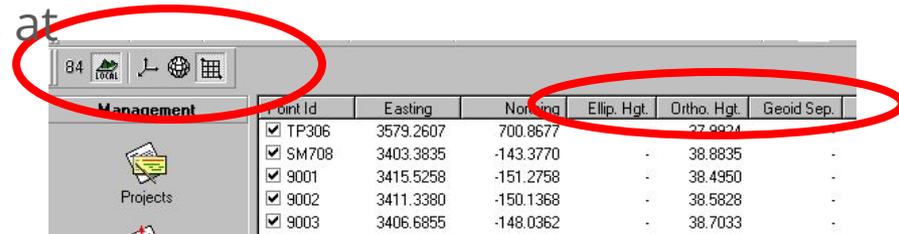
LGO...

Seen in many places Points tab view, Property views....



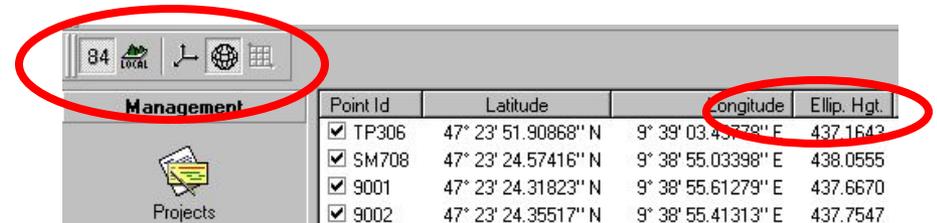
Point Id	Easting	Northing	Ellip. Hgt	Ortho. Hgt	Geoid Sep.
TP306	766900.4970	251759.0147	1141.0378	-	-
SM708	766748.1361	250944.8793	1141.9378	-	-
9001	766760.4920	250937.3212	1141.5494	-	-
9002	766756.2745	250938.3434	1141.6371	-	-
9003	766751.5658	250940.3140	1141.7576	-	-
9004	766746.9699	250944.0429	1141.8486	-	-
9005	766743.8237	250950.2272	1141.8618	-	-

In **LOCAL** view you can choose to see both **Ellipsoidal** and **Ortho** columns at the same time



Point Id	Easting	Northing	Ellip. Hgt	Ortho. Hgt	Geoid Sep.
TP306	3579.2607	700.8677	-	27.9824	-
SM708	3403.3835	-143.3770	-	38.8835	-
9001	3415.5258	-151.2758	-	38.4950	-
9002	3411.3380	-150.1368	-	38.5828	-
9003	3406.6855	-148.0362	-	38.7033	-

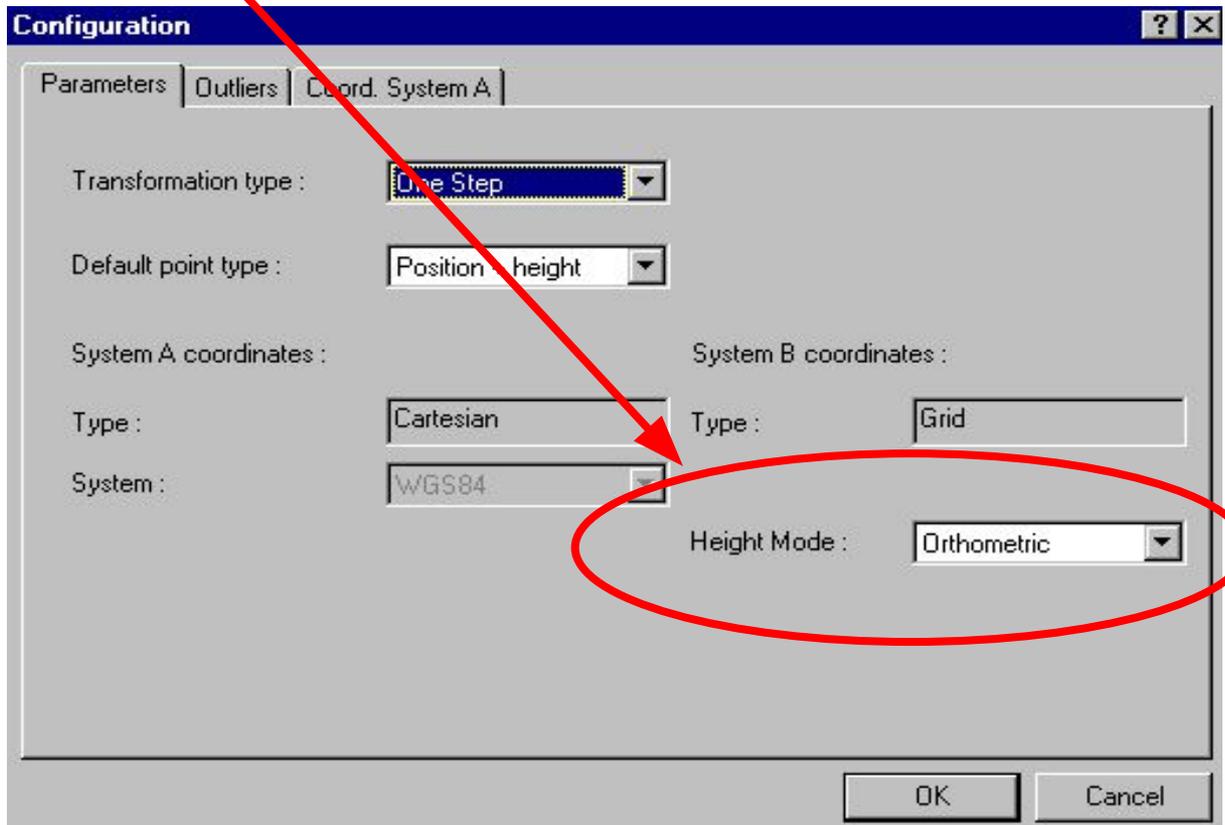
In **84** view you can only ever see **Ellipsoidal**



Point Id	Latitude	Longitude	Ellip. Hgt
TP306	47° 23' 51.90868" N	9° 39' 03.43778" E	437.1643
SM708	47° 23' 24.57416" N	9° 38' 55.03398" E	438.0555
9001	47° 23' 24.31823" N	9° 38' 55.61279" E	437.6670
9002	47° 23' 24.35517" N	9° 38' 55.41313" E	437.7547

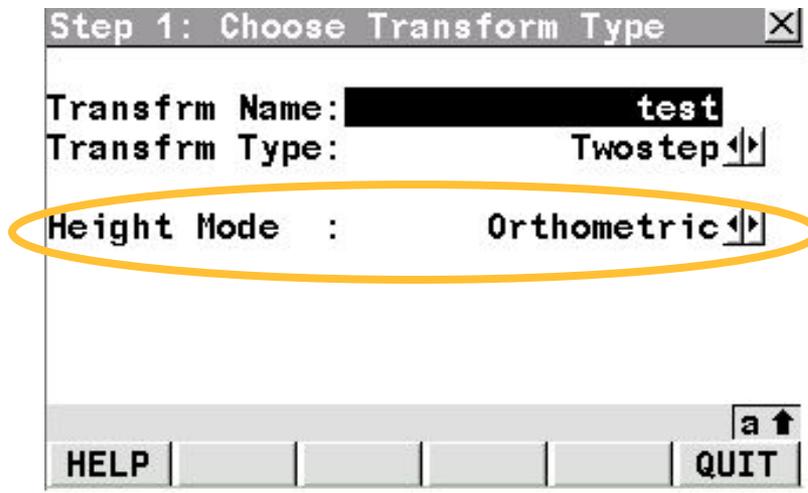
How do you set the Height Mode?

LGO: Type depends on chosen selection



How do you set the Height Mode?

System 1200 instrument: Type can also be selected (and geoid model is used)!



Transferring Transformations between Sensor and LGO:

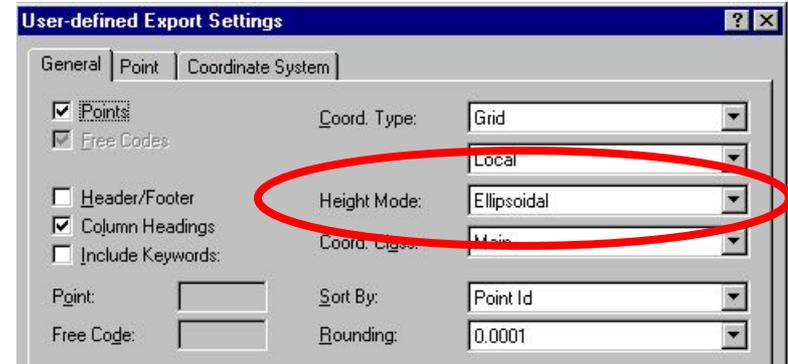
The Height Mode is retained when the Transformation is transferred from LGO to Sensor and vice versa

How do you Export the Height Types?

LGO only:

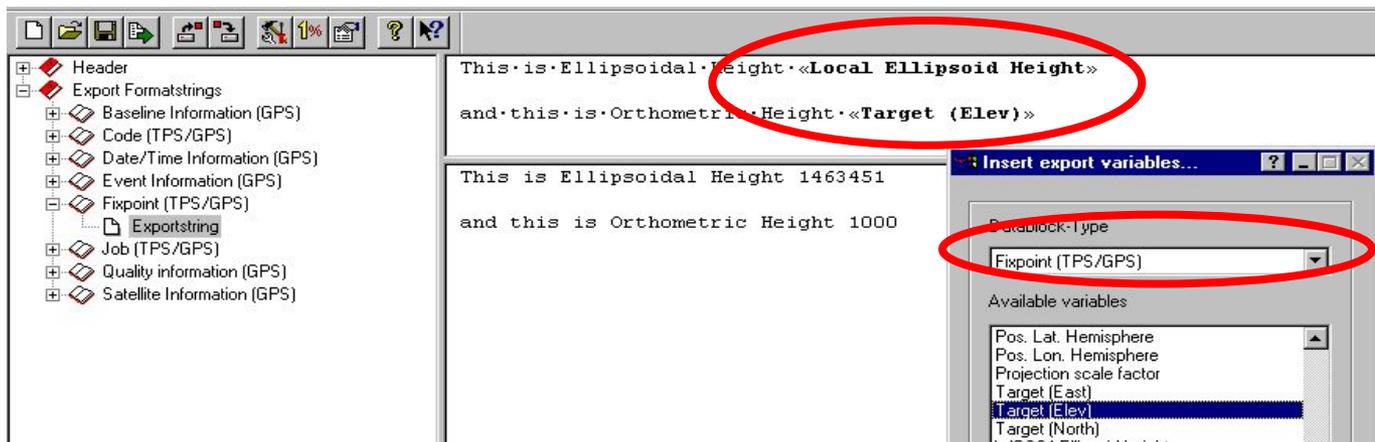
ASCII export, reports, ...

- choose height type to be exported
- If you choose wrong type...



LGO and Sensor:

- Format Files (.fmt)** - choose height type when creating Format File
- If you choose wrong type you will get height = **1.00 (or other default)**!



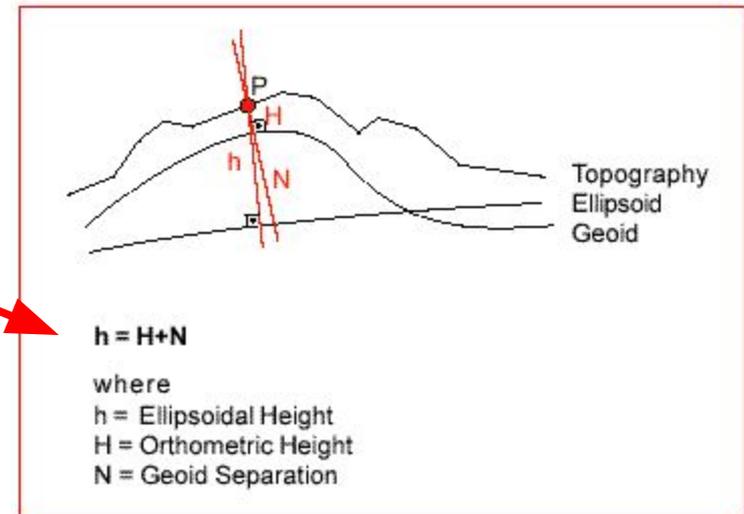
How do I get the “Other” Height Type?

Use a Geoid Model...

Basics..

At any point will give the **Geoid Separation (N)**- the difference in height between the Ellipsoid and Geoid

Applying **N** to either the existing Ellipsoidal or Orthometric height will result in the other height



Relationship between Orthometric and Ellipsoidal height