

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-

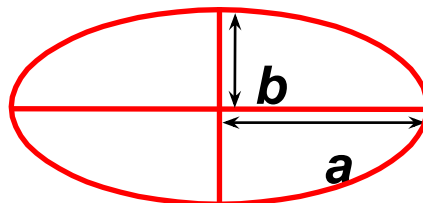
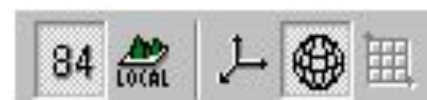
динаты - Широта, Долгота и

Эллипсоидальная высота

P = 47° 23' 45.84283" N

9 ° 38' 10.58730" E

449.6911m

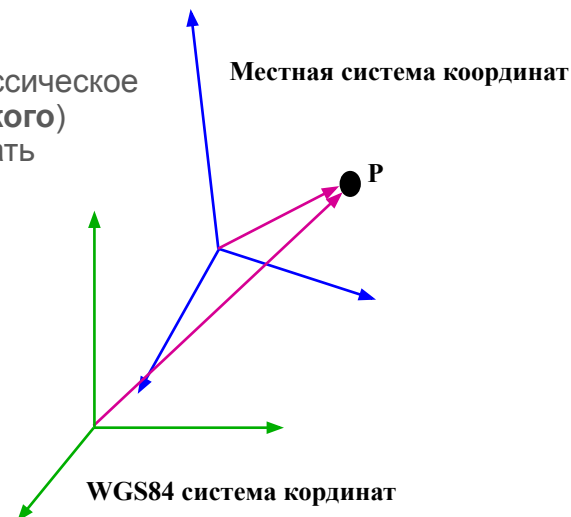


Для пересчета координат из одного типа в другой достаточно указать параметры **эллипсоида WGS84**

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

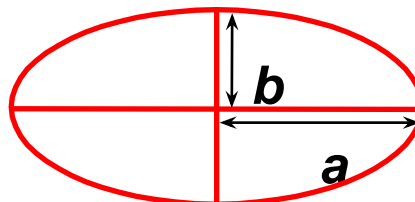
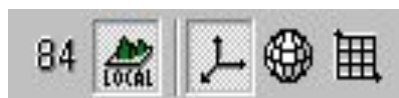
Связь между местными геоцентрическими и геодезическими координатами осуществляется также как и в случае с WGS84

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**

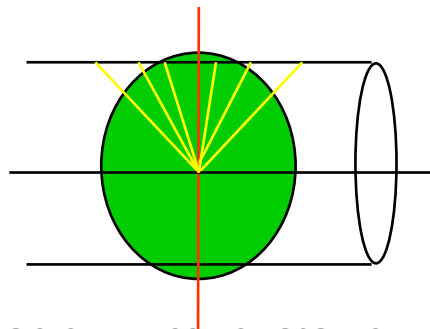
эллипсоида

- 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....

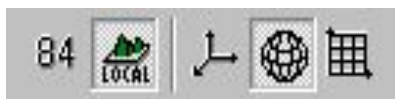


Связь местных геодезических и плоских координат (2)

Таким образом можно определить взаимнообратную связь между координатами

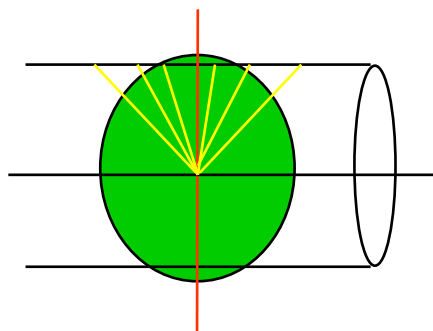
Местные **Геодезические**
координаты - Широта, Долгота и
Эллипсоидальная высота

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



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

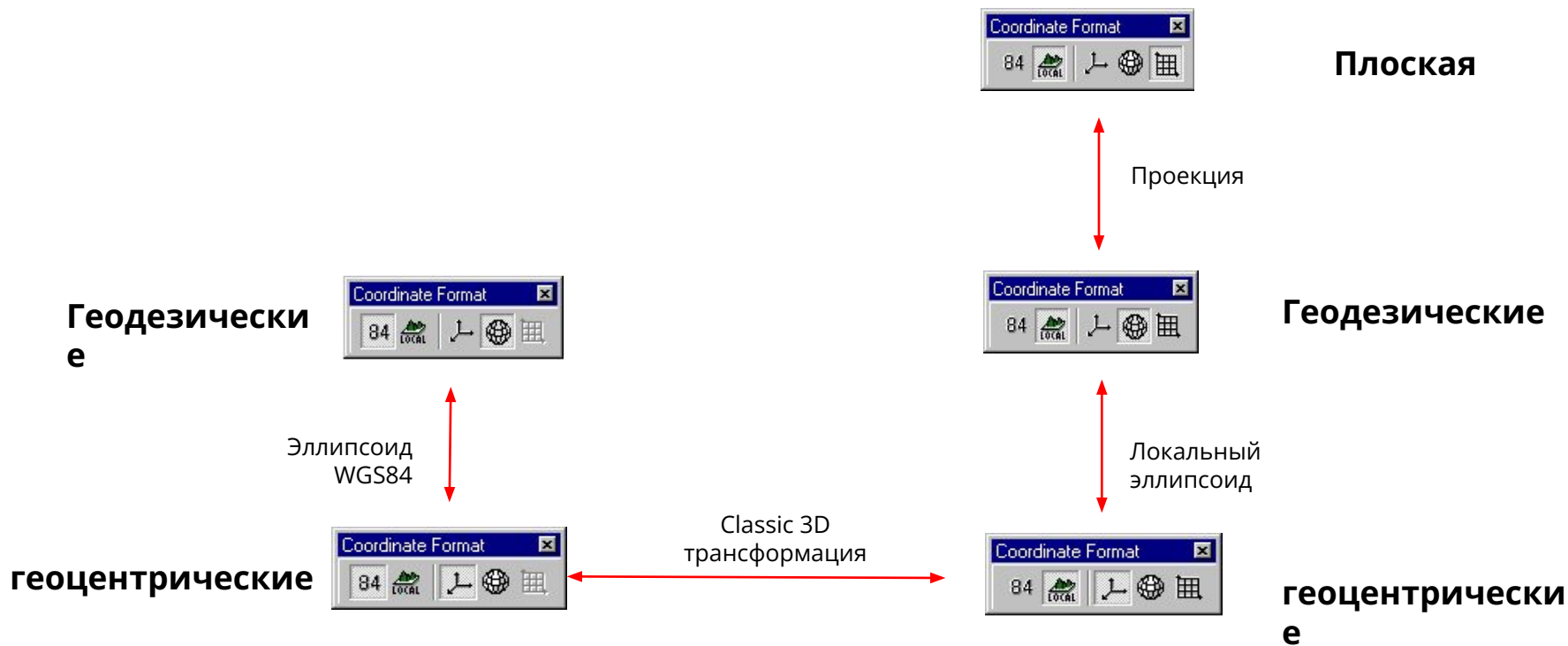
$P = 548091.060$ E
 5248758.030 N
1305.241 m



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



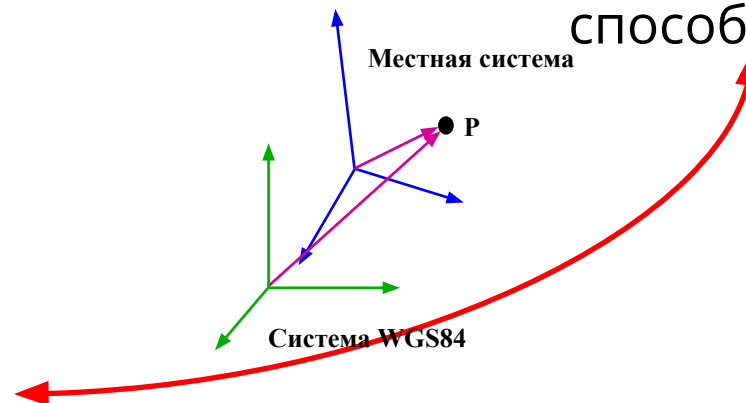
Трансформация Classic 3D

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 просмотреть 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

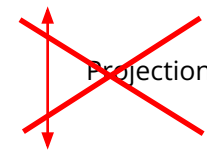
геоцентрические



WGS84 Co-ordinate Side



Плоская



Геодезически
е



~~Classic 3D
Transformation~~

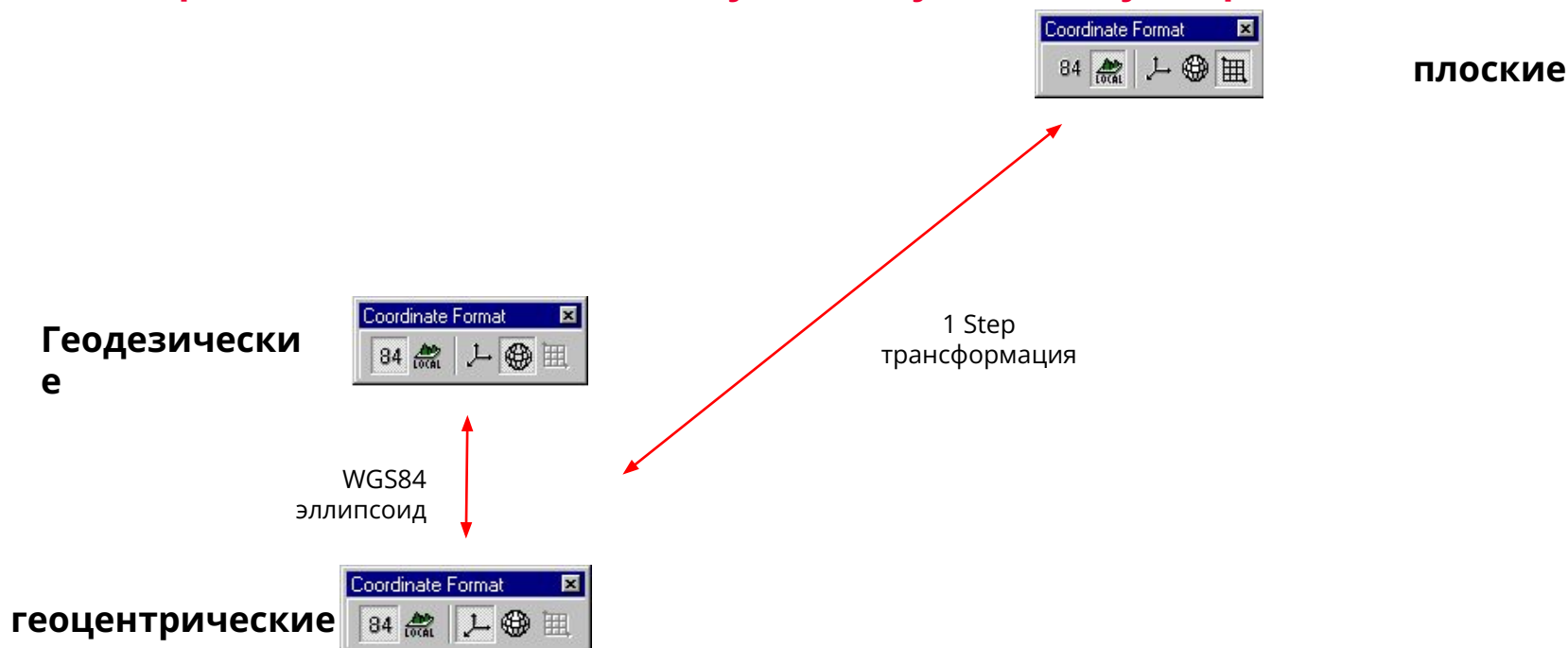


геоцентрически
е

Local Co-ordinate Side

Трансформация 1 Step

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

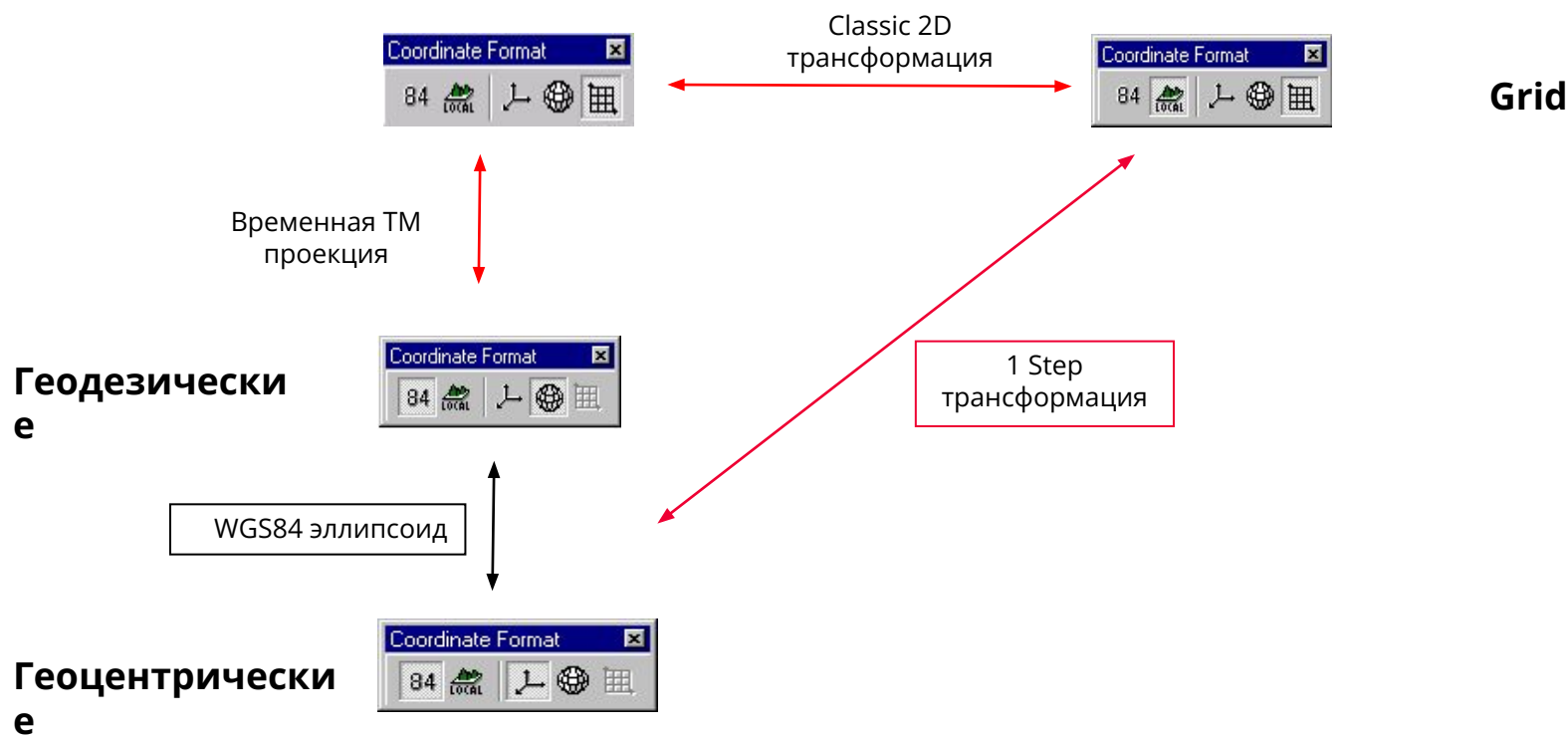


Массив WGS84
координат

Массив местных
координат
- when it has to be right

Трансформация 1 Step

Как это работает...

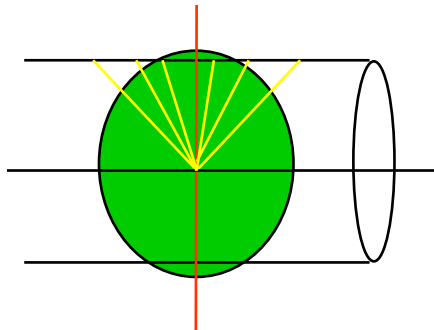


Массив WGS84
координат

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

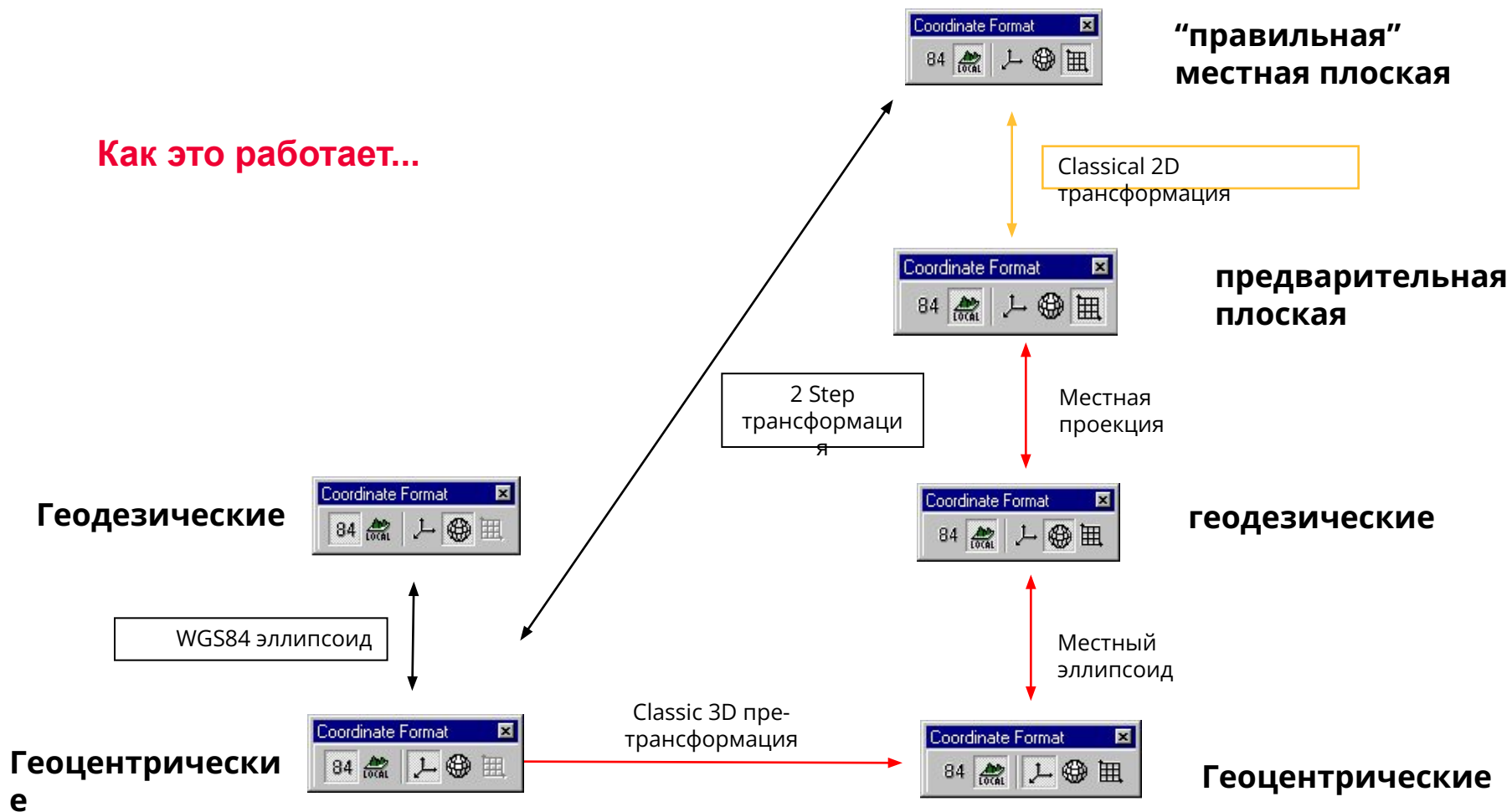
Эллипсоид и картографическая проекция для местной системы

Предварительная Classical 3D трансформация

Не существует ограничения по площади применения ...

Трансформация Two-Step

Как это работает...

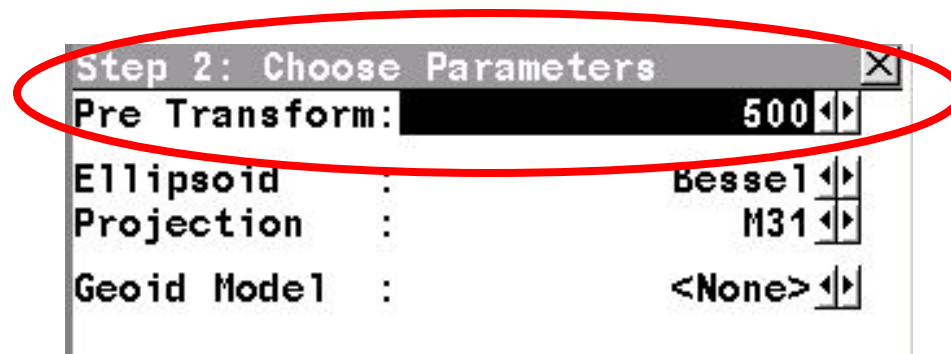
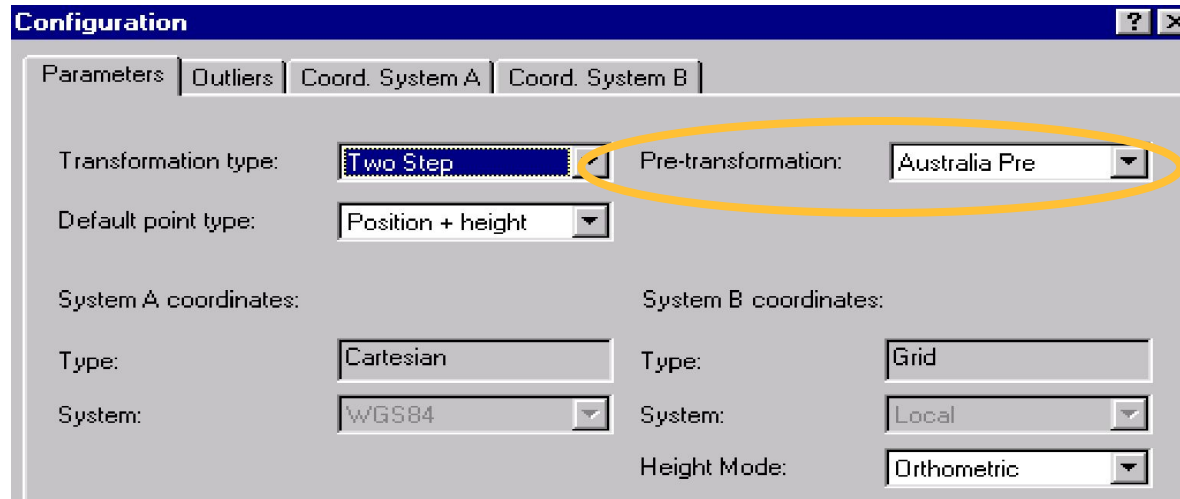


Массив WGS84 координат

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?

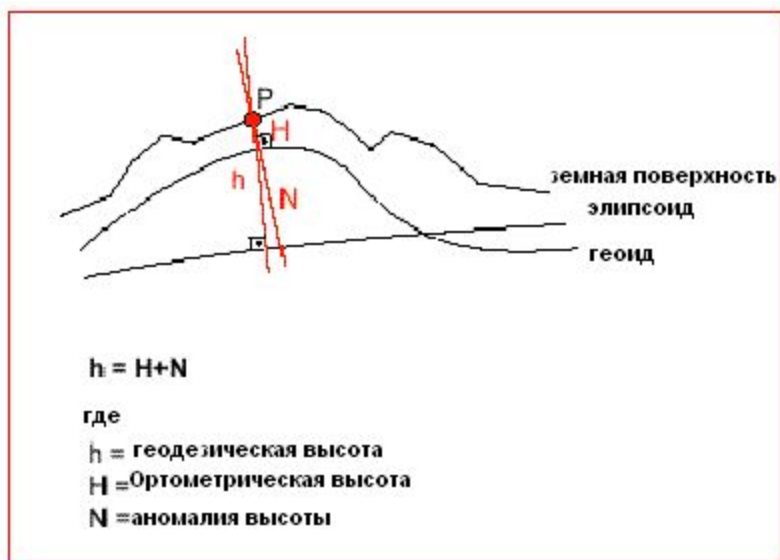
Использование моделей геоида в поле

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

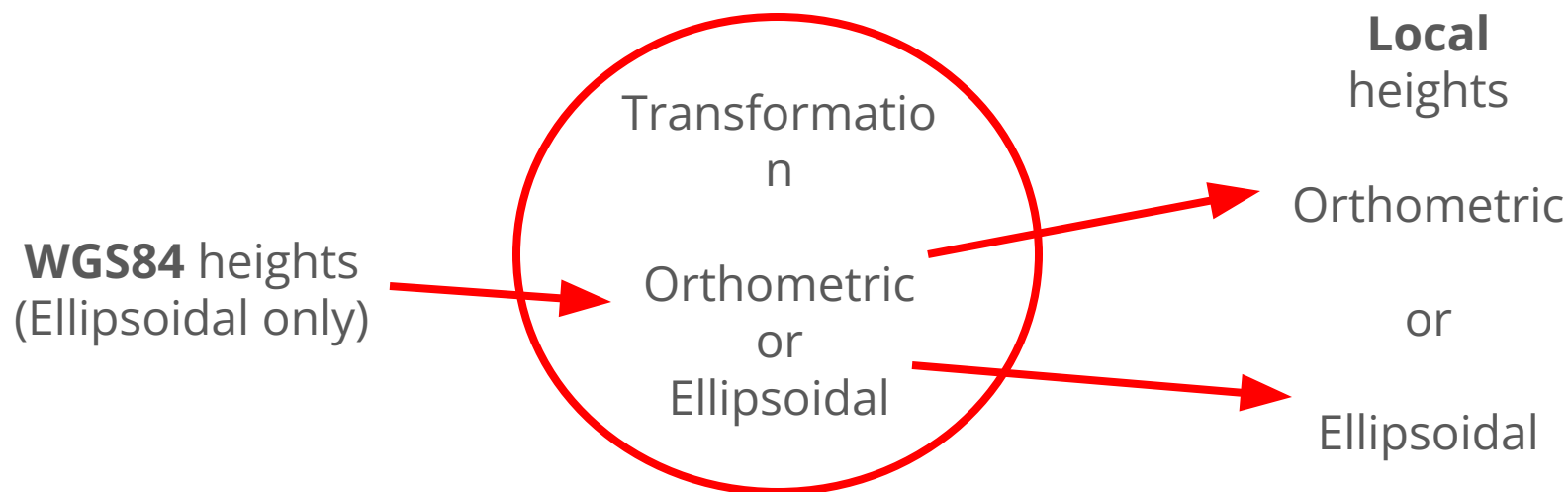
Режим высоты и системы координат

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



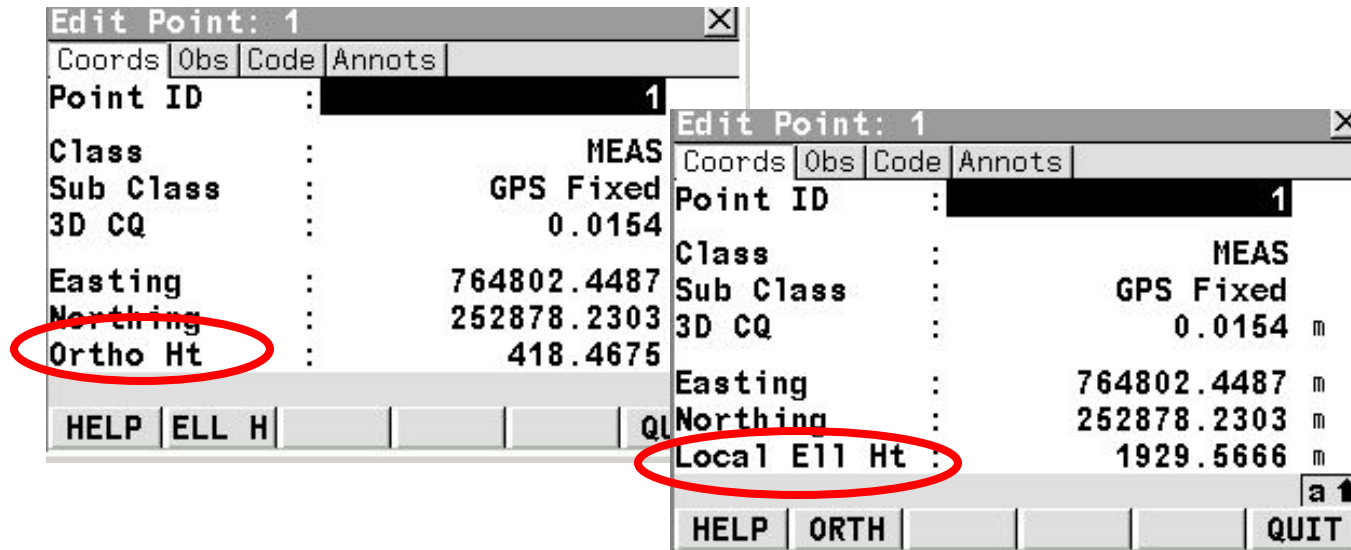
Seeing the Results of Height Modes

On the instrument ...

Seen in any panel where current position is shown

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

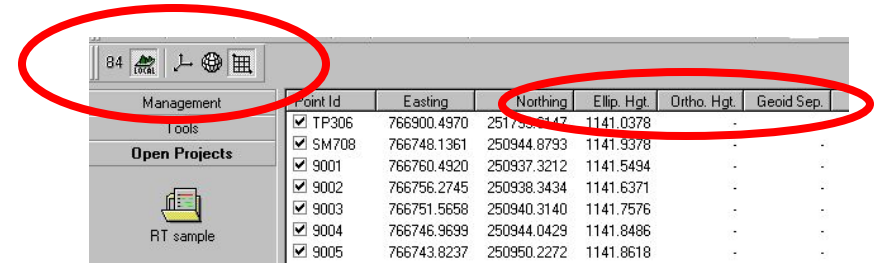
Press Shift F2 to switch, if the geoid model allows...



Seeing the Results of Height Modes

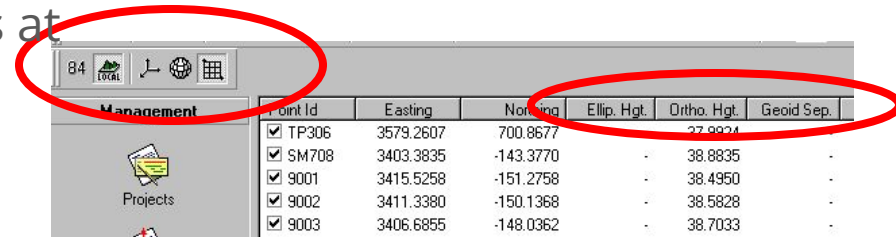
LGO...

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



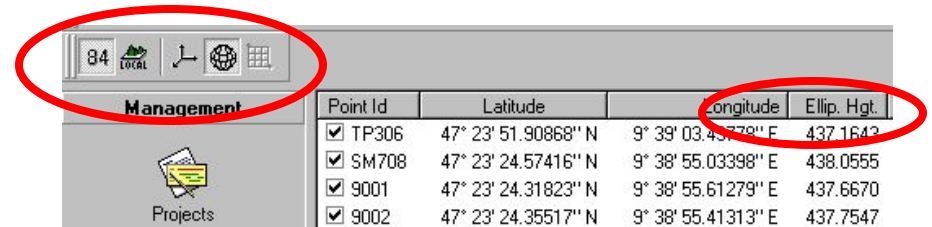
| Point Id | Easting | Northing | Ellip. Hgt | Ortho. Hgt | Geoid Sep. |
|----------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| TP306 | 766900.4970 | 251759.0147 | 1141.0378 | - | - |
| SM708 | 766748.1361 | 250944.8793 | 1141.9378 | - | - |
| 9001 | 766760.4920 | 250937.3212 | 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 | - |

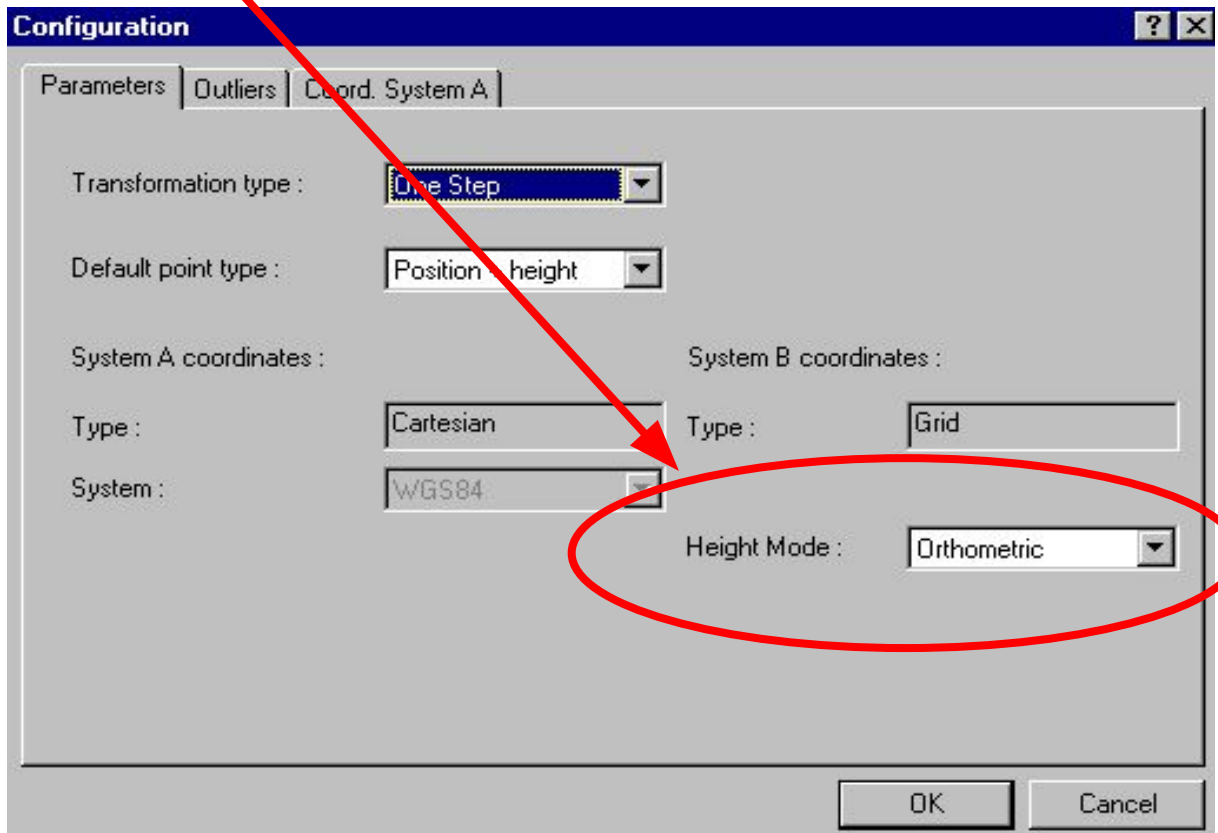
In **84** view you can only ever see **Ellipsoidal**



| 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 |

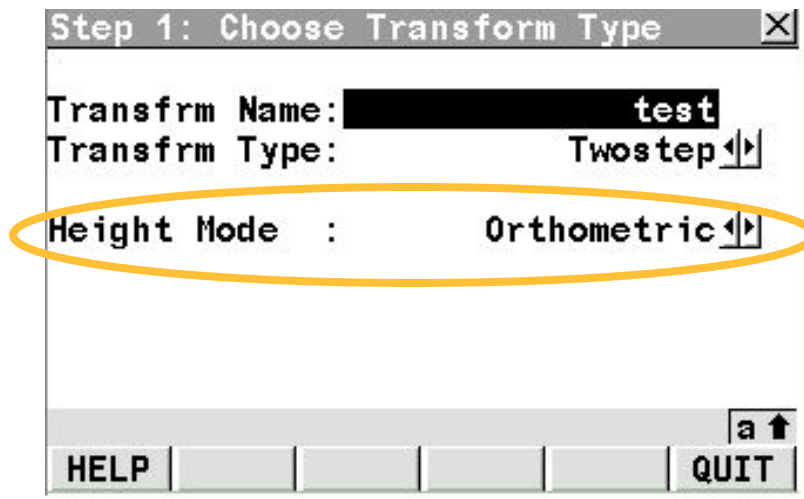
How do you set the Height Mode?

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

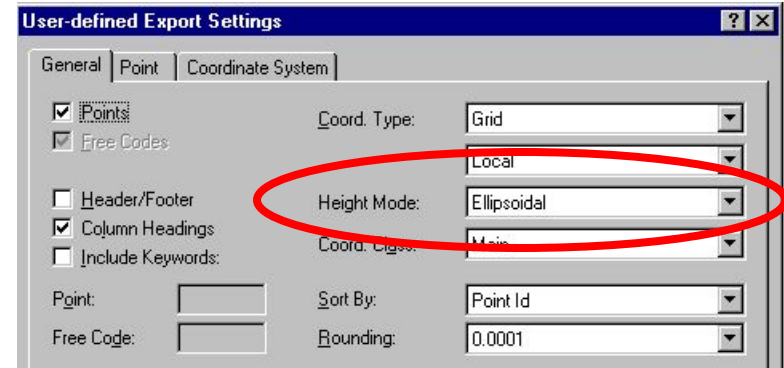
How do you Export the Height Types?

LGO only:

ASCII export, reports, ...

- choose height type to be exported

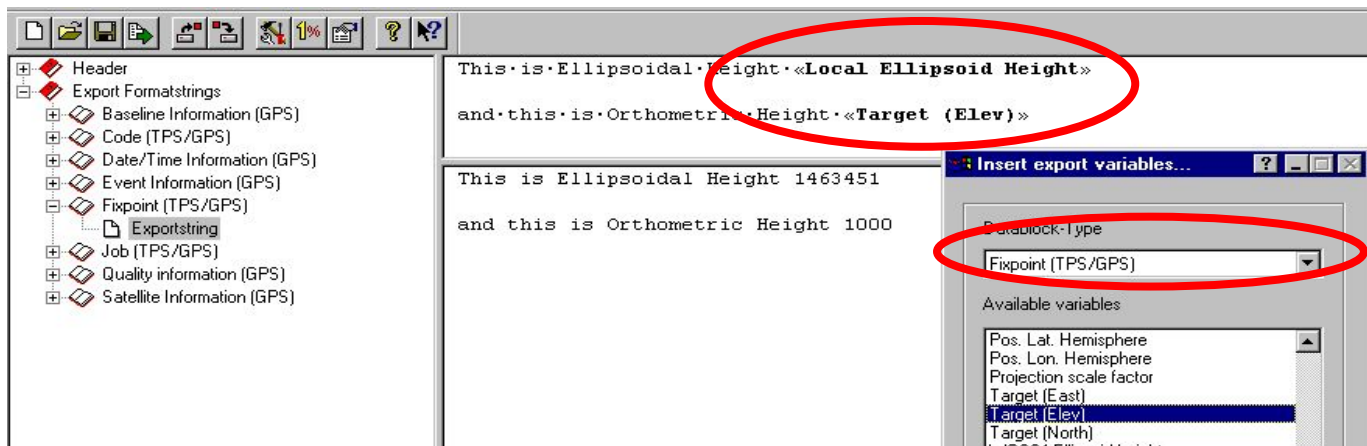
If you choose wrong type...



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)!**



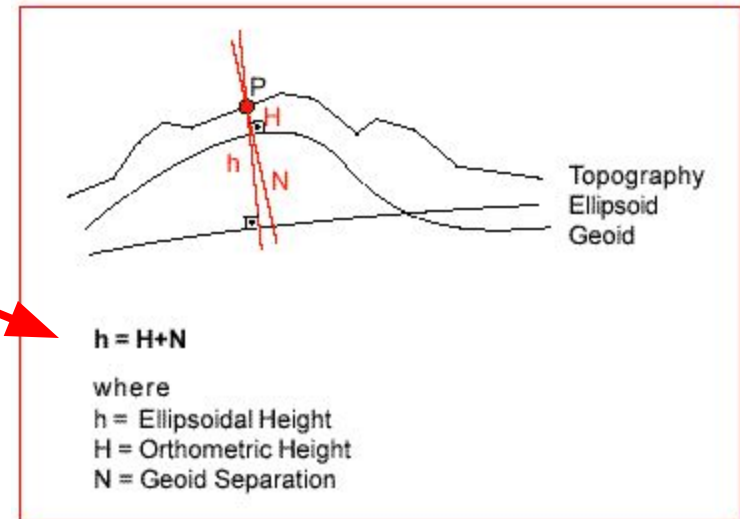
How do I get the “Other” Height Type?

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