Горизонтальные и вертикальные датумы

Исходная точка в центральном зале Пулковской обсерватории

www.gao.spb.ru

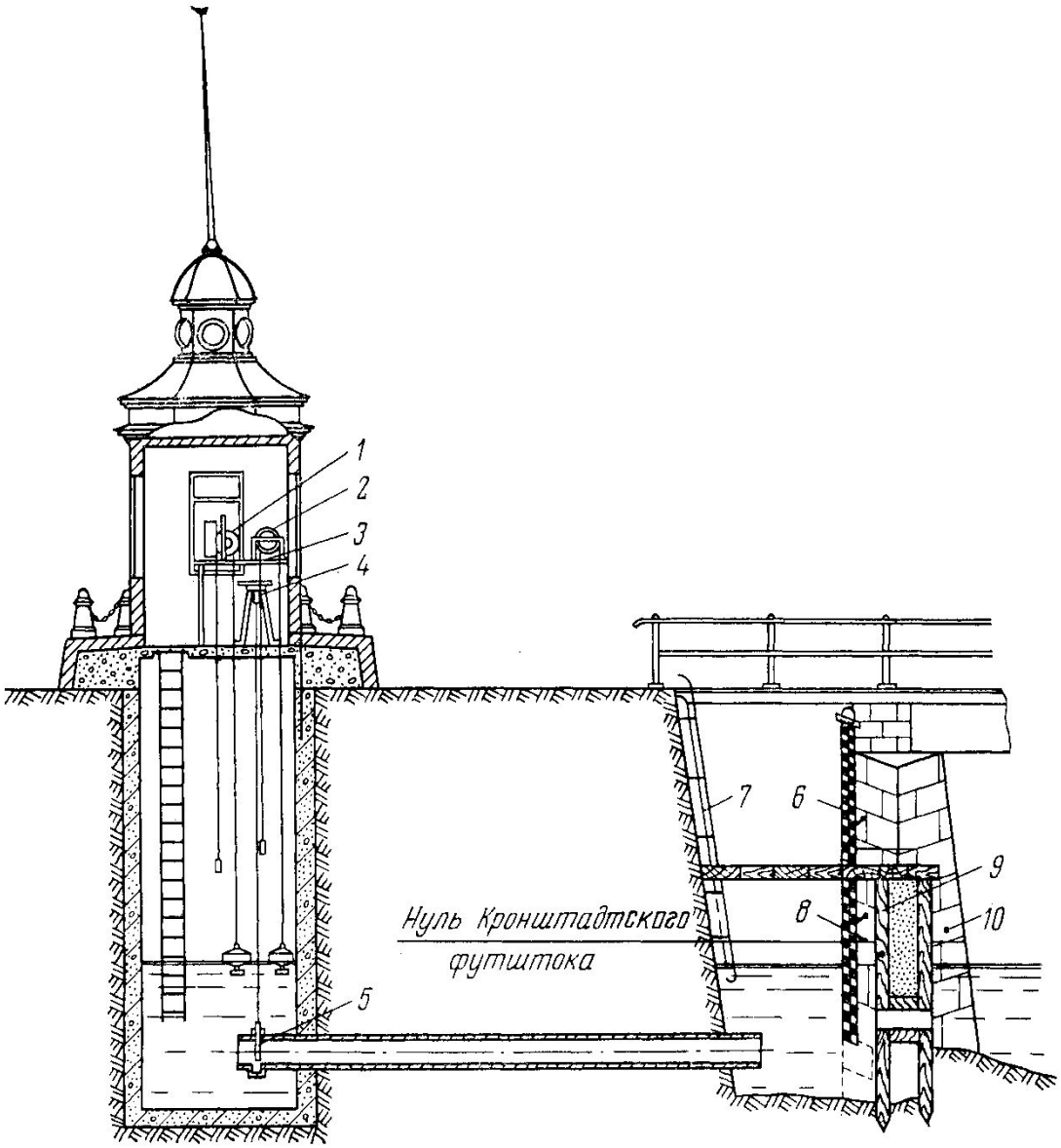
Исходная точка в центральном зале Пулковской обсерватории

gallery.timofeyev.ru

Здание Кронштадтского футштока

Схема Кронштадского футштока

http://rudocs.exdat.com/docs/index-274874.html?page=3



Нуль Кронштадтского футштока

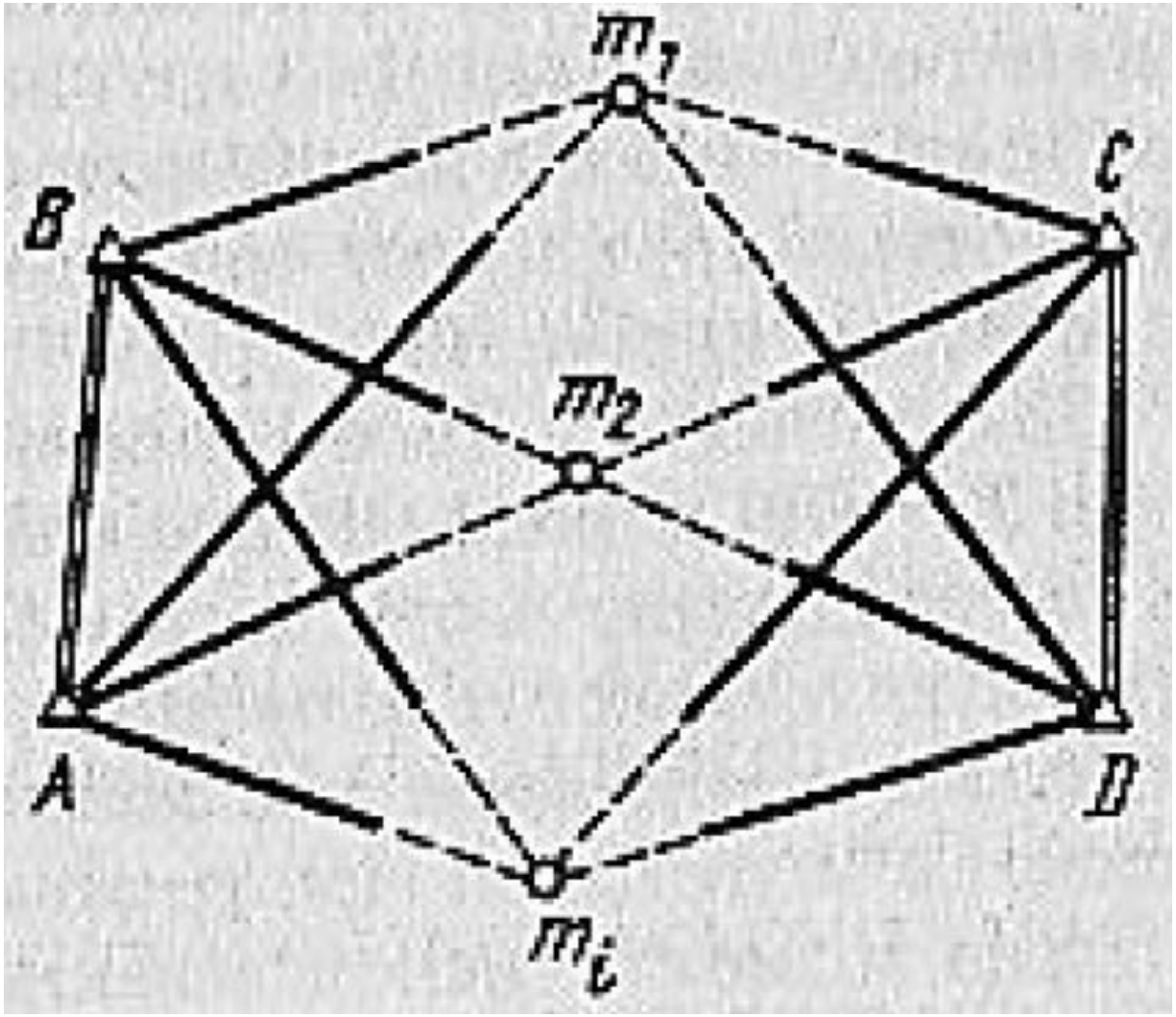
Основные виды геодезических сетей в СССР

- Государственная геодезическая сеть
- Геодезические сети сгущения
- Съёмочные сети

Основные методы построения геодезических сетей

- **Триангуляция** (предложена в 1614 Снеллиусом, широко применяется с конца 18 века).
- **Трилатерация** (измеряются длины сторон, метод получил широкое развитие с появлением свето- и радио- дальномеров)
- **Полигонометрия** (измеряются длины сторон и углы поворота)
- **Комбинированные сети** (сочетание способов)
- **Линейно-угловые геодезические сети** (измеряются углы и стоны треугольников, ряд линий контролируется по азимуту).
- **Динамическая триангуляция** (предложена в 1920 Вайсяля), в 1940 применена для смыкания сетей через Крит
- **Спутниковые методы** создания геодезических сетей
- **Радиоинтерферометрия** со сверхдлинной базой (РИСБ)
- *Астрономо-геодезические сети*

Схема динамической триангуляции (по Куштину И.Ф. , 2001)



Состав геодезических сетей в СССР/РФ

- Сети триангуляции, полигонометрии и трилатерации 1,2, 3 и 4 классов, отличающиеся точностью измерения углов, длин и порядком развития (геодезическая основа)
- Нивелирные сети I, II, III и IV классов (высотное обоснование)

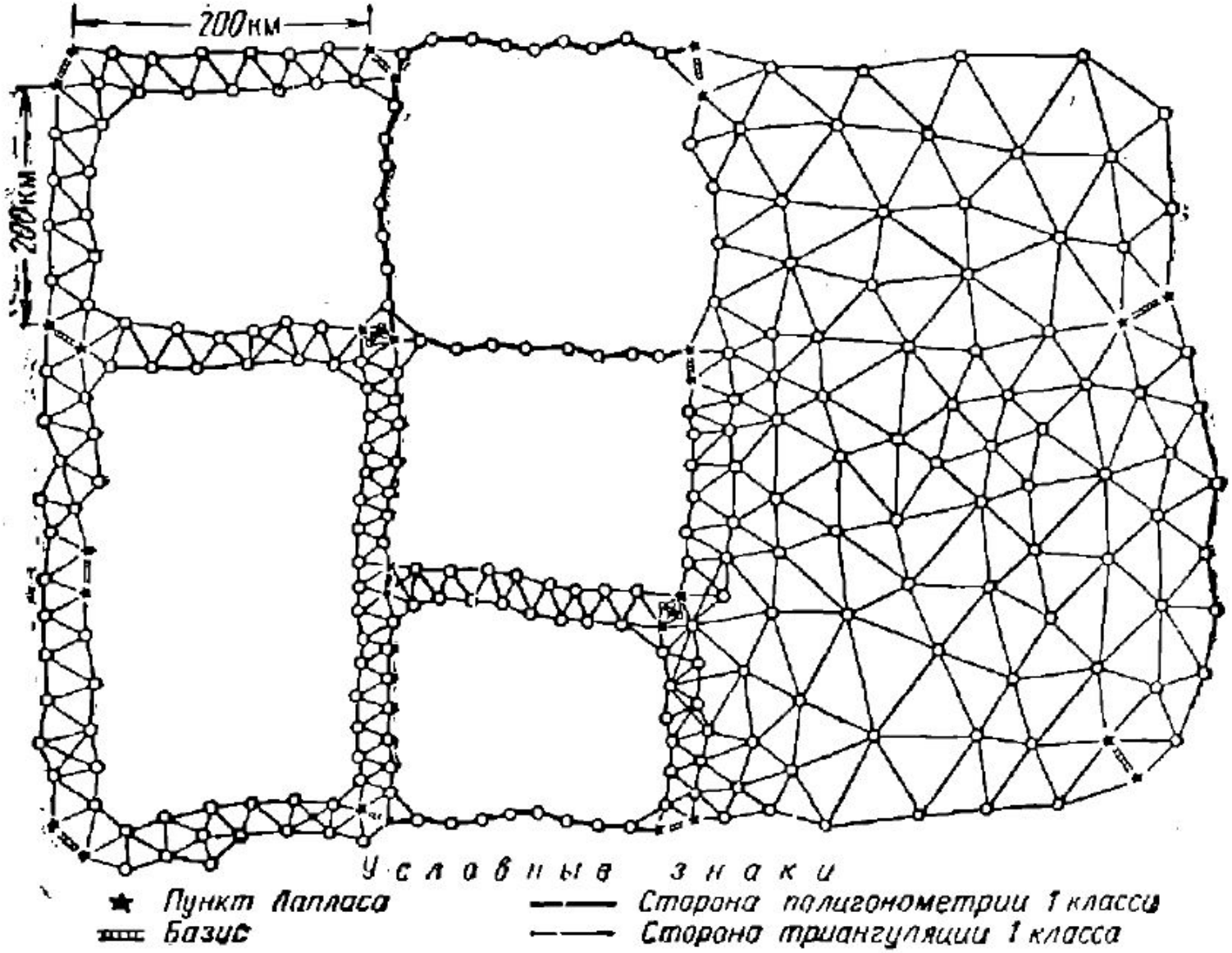
Геодезические пункты

- Астрономический пункт (пункт Лапласа) – пункт для которого астрономическими методами определены широта, долгота и азимут (как правило на тригонометрический пункт);
- Тригонометрический пункт – пункт для которого определены тригонометрическими методами;
- Пункт высотной сети (реперы и марки) – точка высота которой определена путём нивелирования;

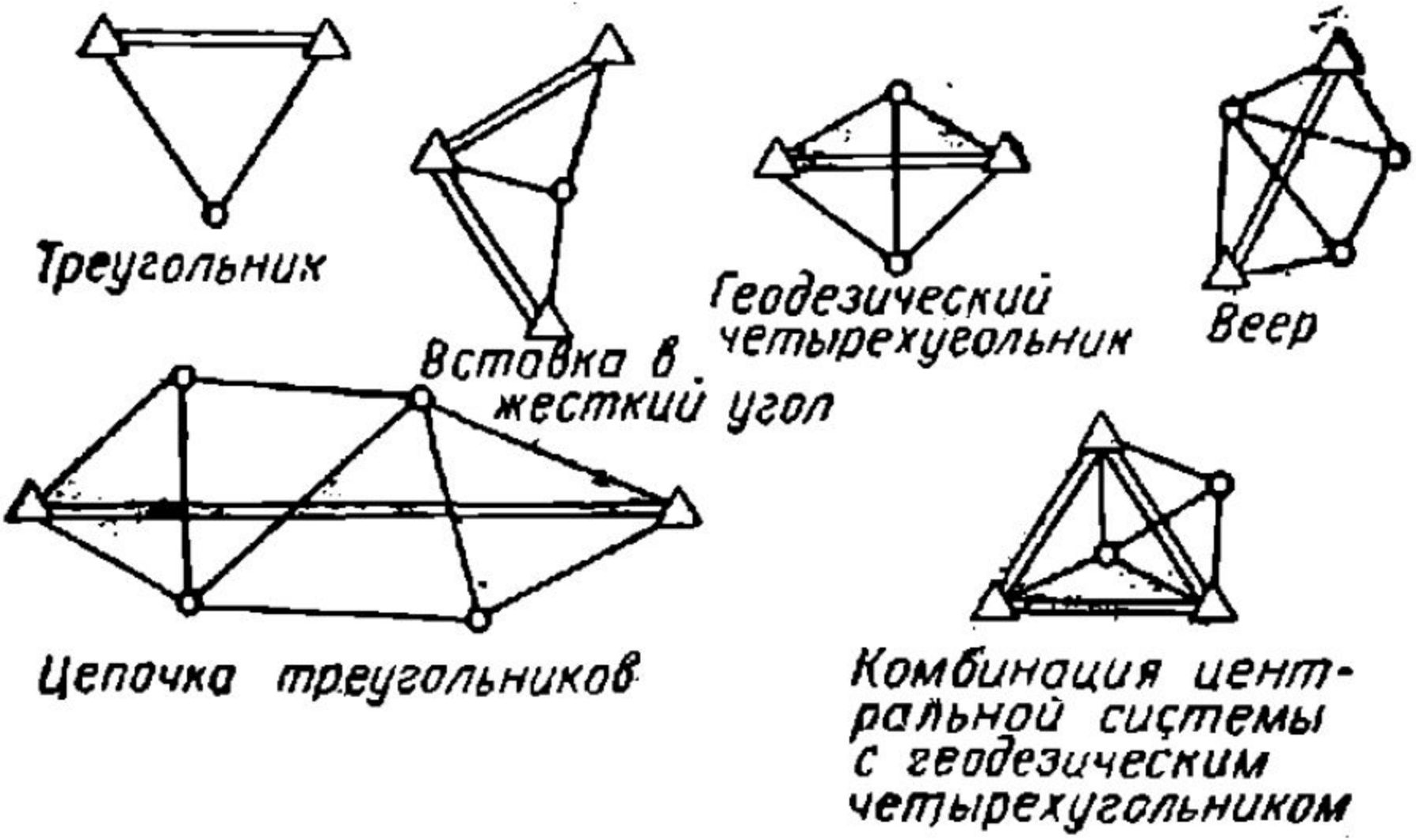
Показатели геодезической и нивелирной сетей (по Большаков и др., 1975)

Наименование показателей	По «Положению» 1954–1961 гг.				По «Положению» 1939 г.				
	1 кл.	2 кл.	3 кл.	4 кл.	I кл.	II кл. осн. ряд	II кл. зап. сети	III кл.	IV кл.
Длина звена триангуляции, км	200	—	—	—	200–250	100–120	—	—	—
Средняя длина стороны треугольника, км	20–25	7–20	5–8	2–5	25–30	15–20	13	8	
Обратный вес звена триангуляции	Не более 100 ед. 6-го зн. лог.				Не более 120 ед.				
Относительная ошибка базисной (выходной) стороны $\left(\frac{m_b}{b}\right)$	$\frac{1}{400\,000}$	$\frac{1}{300\,000}$	$\frac{1}{200\,000}$	$\frac{1}{200\,000}$	$\frac{1}{300\,000}$	$\frac{1}{200\,000}$	$\frac{1}{200\,000}$	—	Засечки
Примерная относительная ошибка стороны в слабом месте $\left(\frac{m_s}{s}\right)$	$\frac{1}{150\,000}$	$\frac{1}{300\,000}$	$\frac{1}{120\,000}$	$\frac{1}{70\,000}$	$\frac{1}{100\,000}$	$\frac{1}{60\,000}$	$\frac{1}{35\,000}$	$\frac{1}{15\,000}$	
Наименьшее значение угла треугольника	40°	20°	20°	20°	40°	30°	20°	15°	20°
Допустимая невязка треугольника	3″	4″	6″	8″	3″	5″	9″	15″	35″
Средняя квадратическая ошибка угла (по невязкам треугольников)	± 0,7″	± 1″	± 1,5″	± 2″	0,7–0,9″	1,2–1,5″	2,0–2,5″	4,0–5,0″	—
Средняя квадратическая ошибка астроопределений:									
а) широты	± 0,3″	± 0,3″	—	—	± 0,2–0,4″	± 0,4″	—	—	—
б) долготы	± 0s,03	± 0s,03	—	—	± 0s,03	± 0s 05	—	—	—
в) азимуты	± 0,5″	± 0,5″	—	—	± 0,5″	± 1,0″	—	—	—

Схема государственной геодезической сети 1 класса (по Большаков и др. , 1975)



Типовые схемы привязки государственной геодезической сети 2 класса (по Большаков и др. , 1975)



Типовые схемы привязки государственной геодезической сети 3-4 класса (по Большаков и др. , 1975)

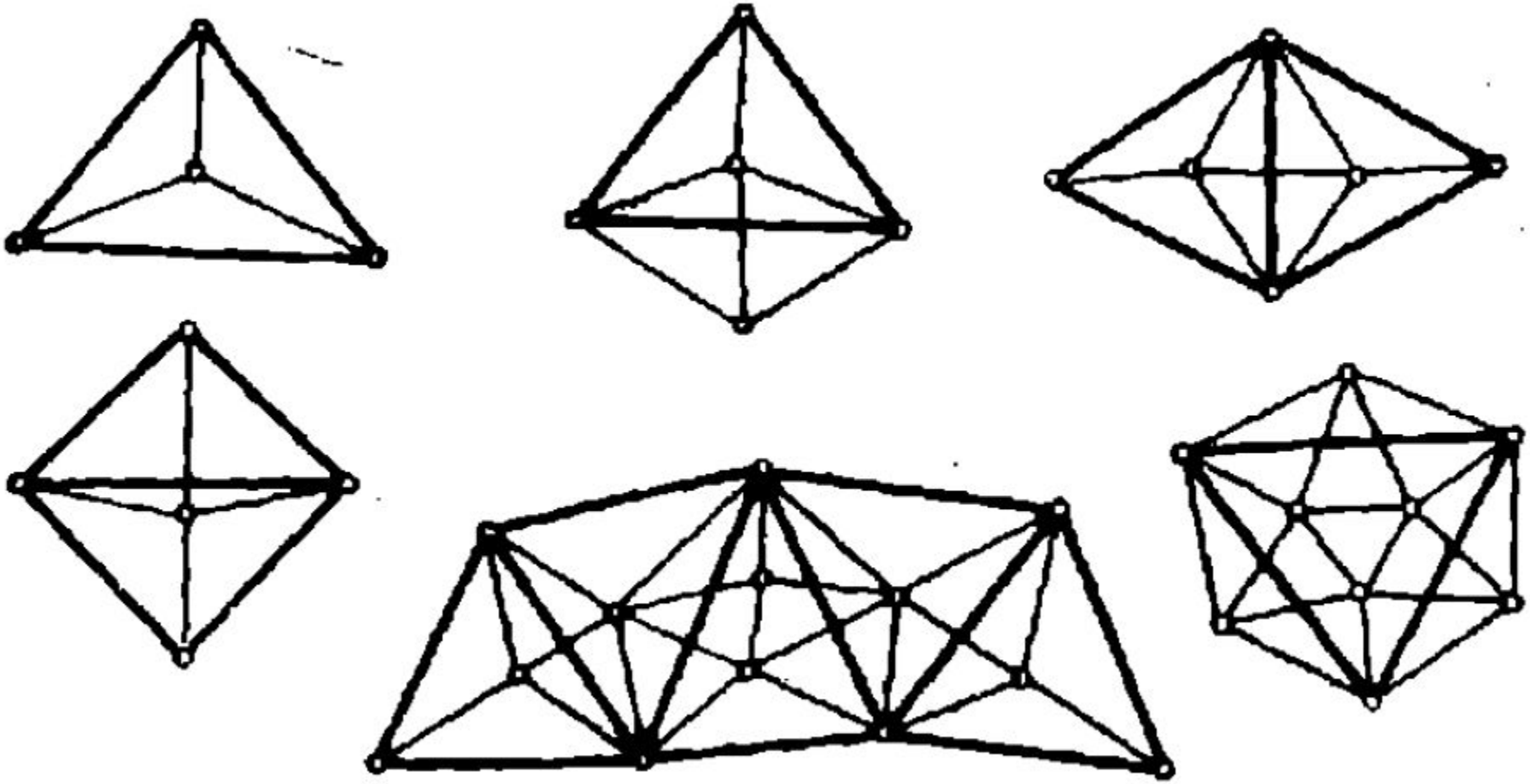
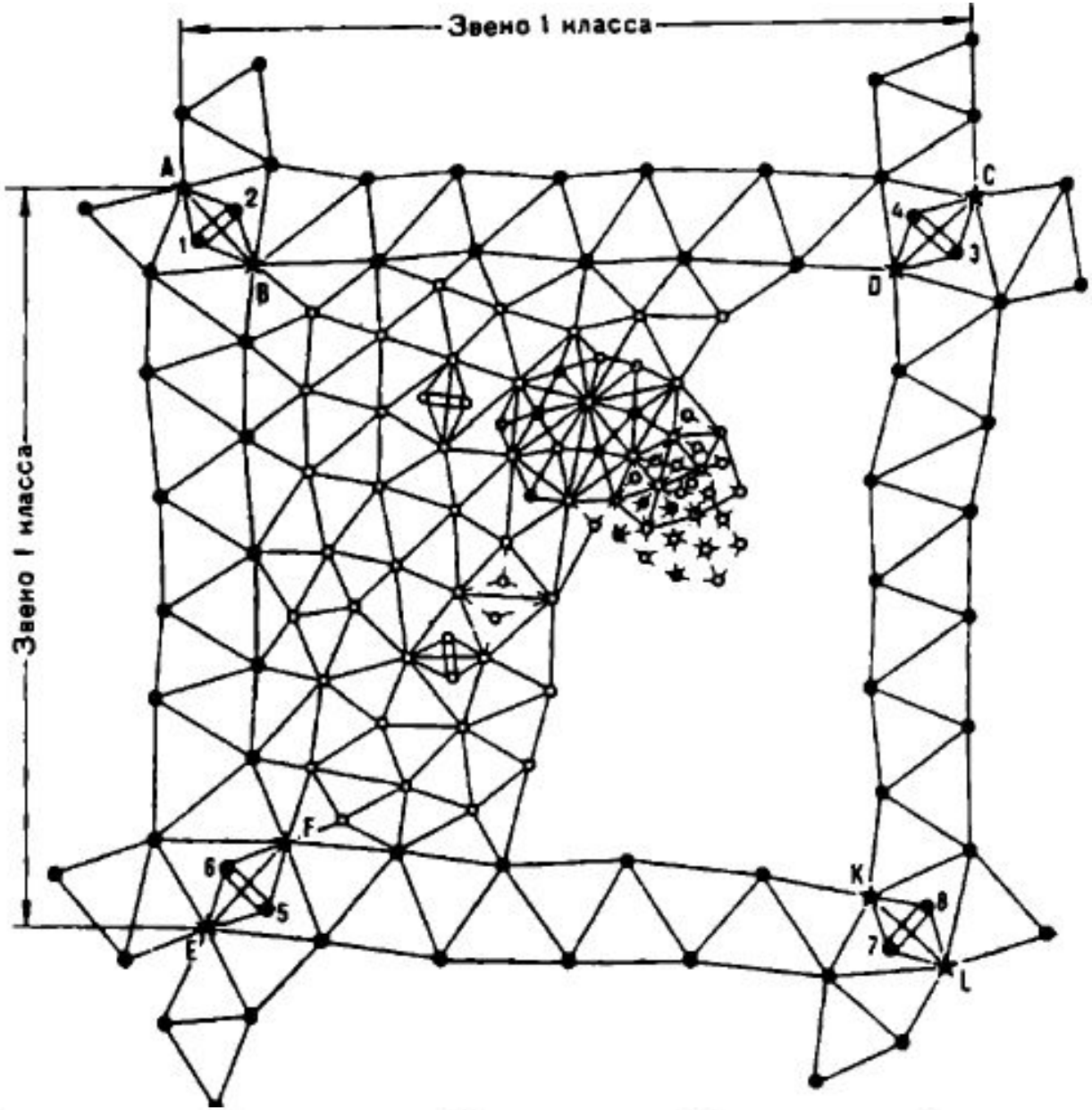


Схема государственной триангуляционной сети (по Красовскому)



● — пункты 1-го класса; ○ — пункты 2-го класса; ⊙ — пункты 3-го класса; ✡ — пункты 4-го класса; ★ — астрономические пункты; *1 — 2, 3 — 4, 5 — 6, 7 — 8* — базисы

Виды реперов нивелирной сети в России/СССР

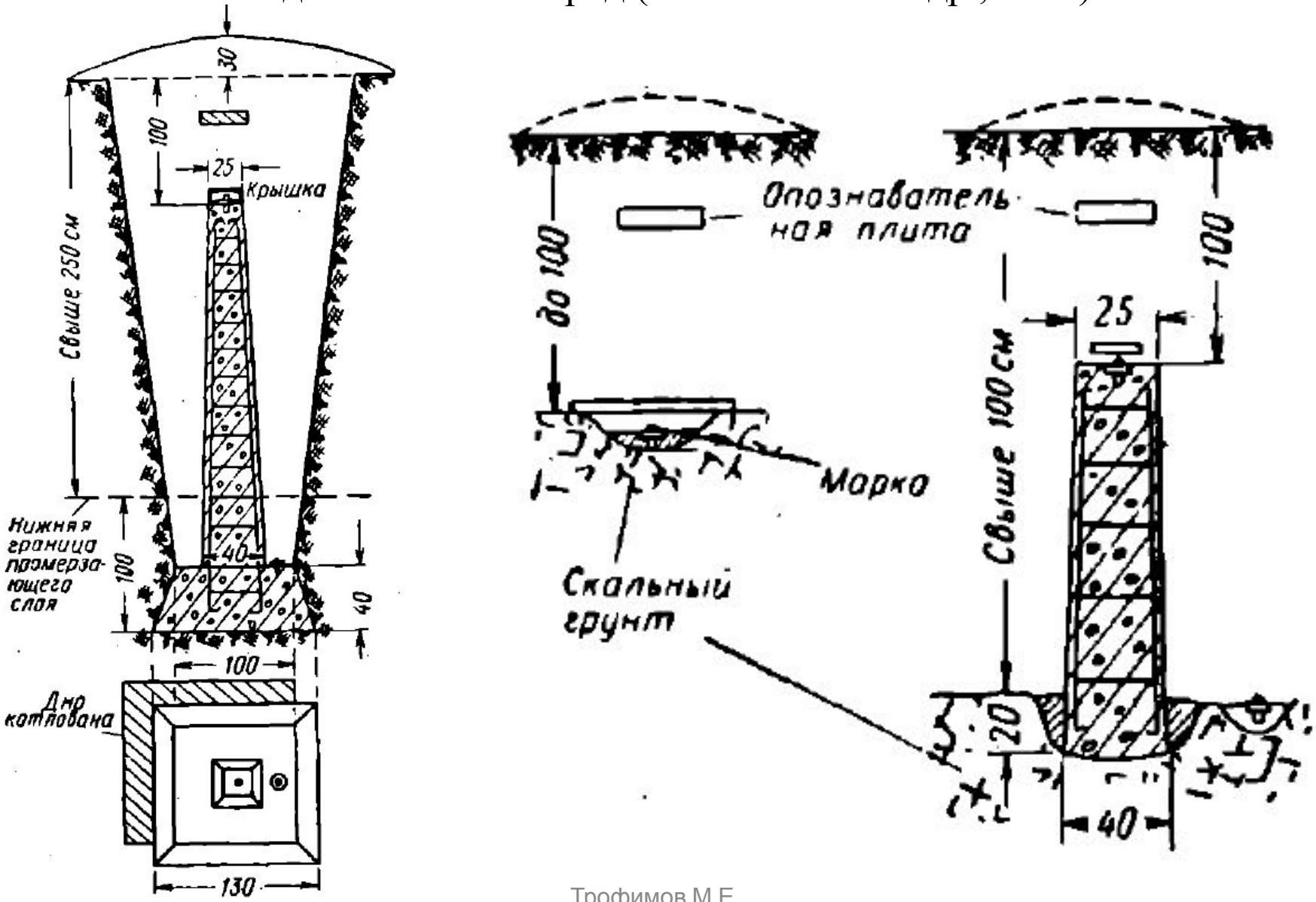
- Фундаментальные (в сетях I-II класса, через 50-80 км, вблизи основных водомерных постов)
- Грунтовые рядовые реперы
- Глубинные трубчатые реперы
- Глубинные реперы с гибкой штангой
- Стенные марки и реперы (в сетях всех классов через 5-15 км)

Геодезические знаки по ГОСТ 21668-85

- I - знаки, изготовляемые из стальных труб, у которых внутренняя пирамида, имеющая столик для установки геодезического прибора, жестко связана с наружной пирамидой, несущей площадку для наблюдателя с визирной целью (сложные сигналы);
- II - знаки, изготовляемые из уголковой стали, у которых внутренняя пирамида, имеющая столик для установки геодезического прибора, не имеет связи с наружной пирамидой, несущей площадку для наблюдателя и визирную цель (простые сигналы);
- III - знаки в виде пирамиды, пирамиды-штатива, изготовляемые из стальных труб или уголковой стали.

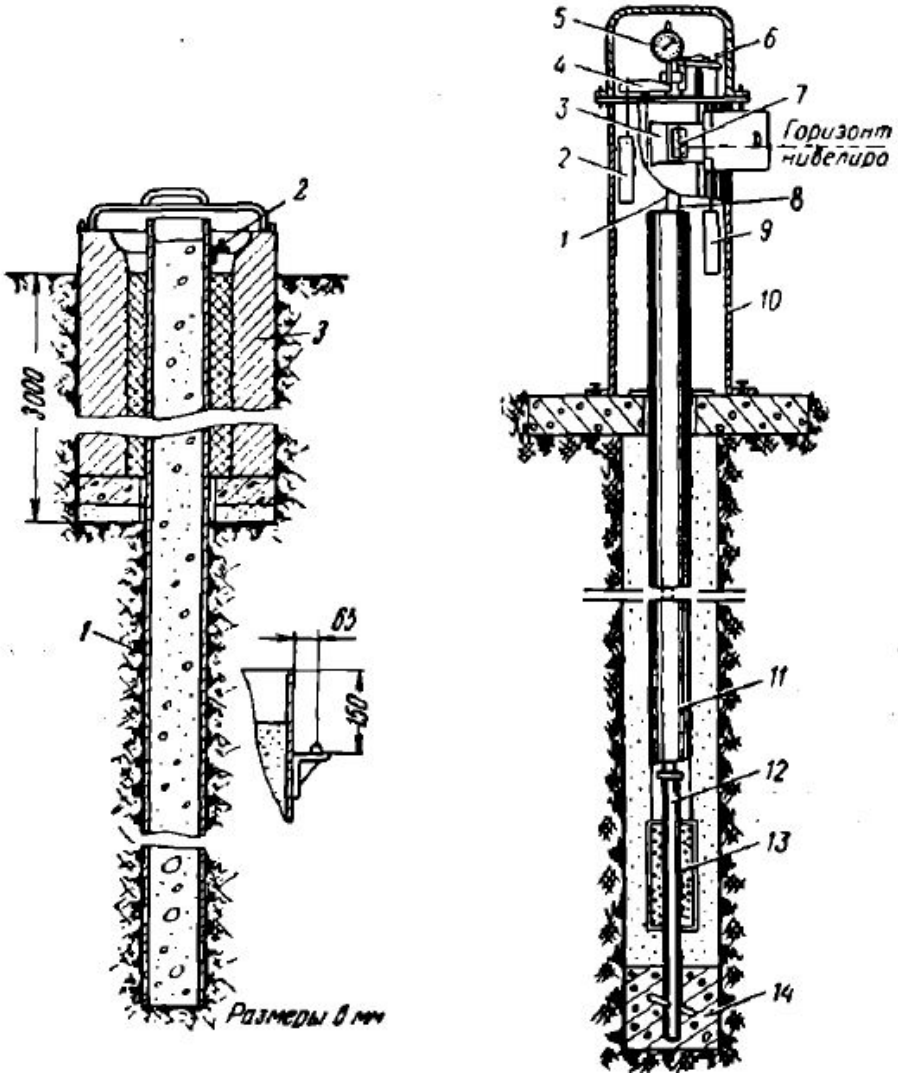
Фундаментальные реперы нивелирной сети

слева - для зоны сезоннопромерзающих мягких грунтов, справа – для выходов скальных пород (по Большаков и др., 1975)

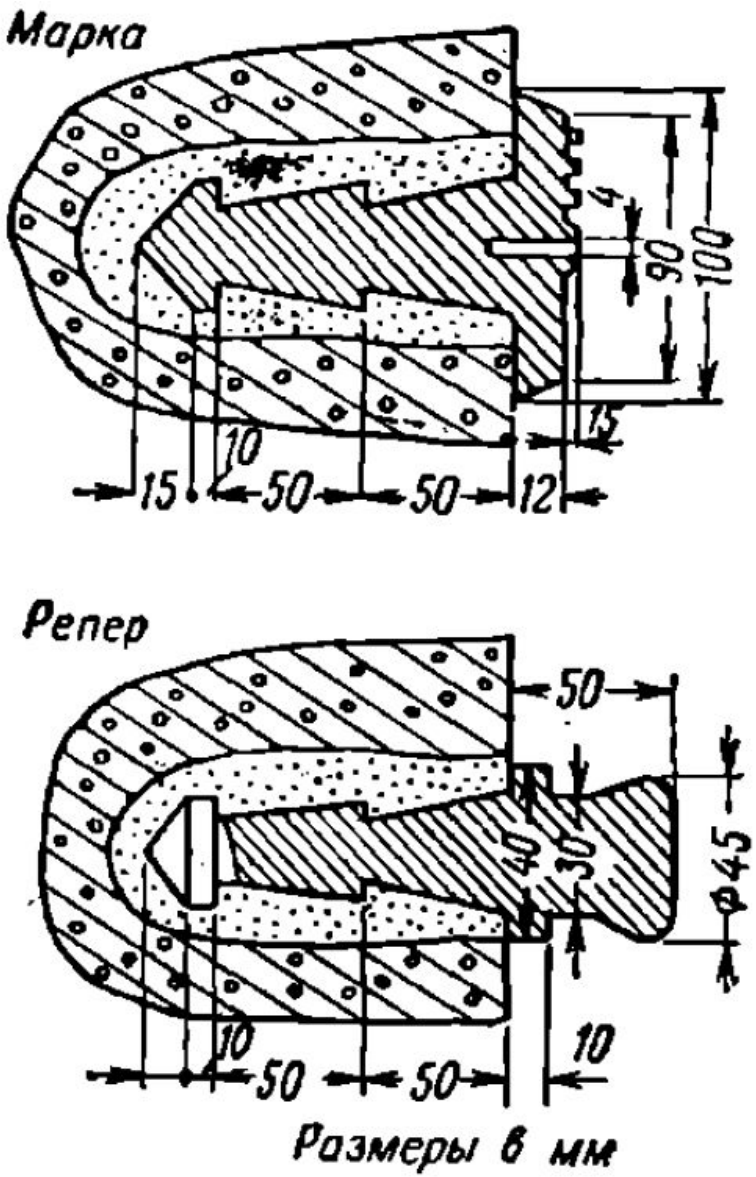


Глубинные реперы нивелирной сети

слева – грунтовый трубчатый, справа – с гибкой штангой (по Большакову и др., 1975)



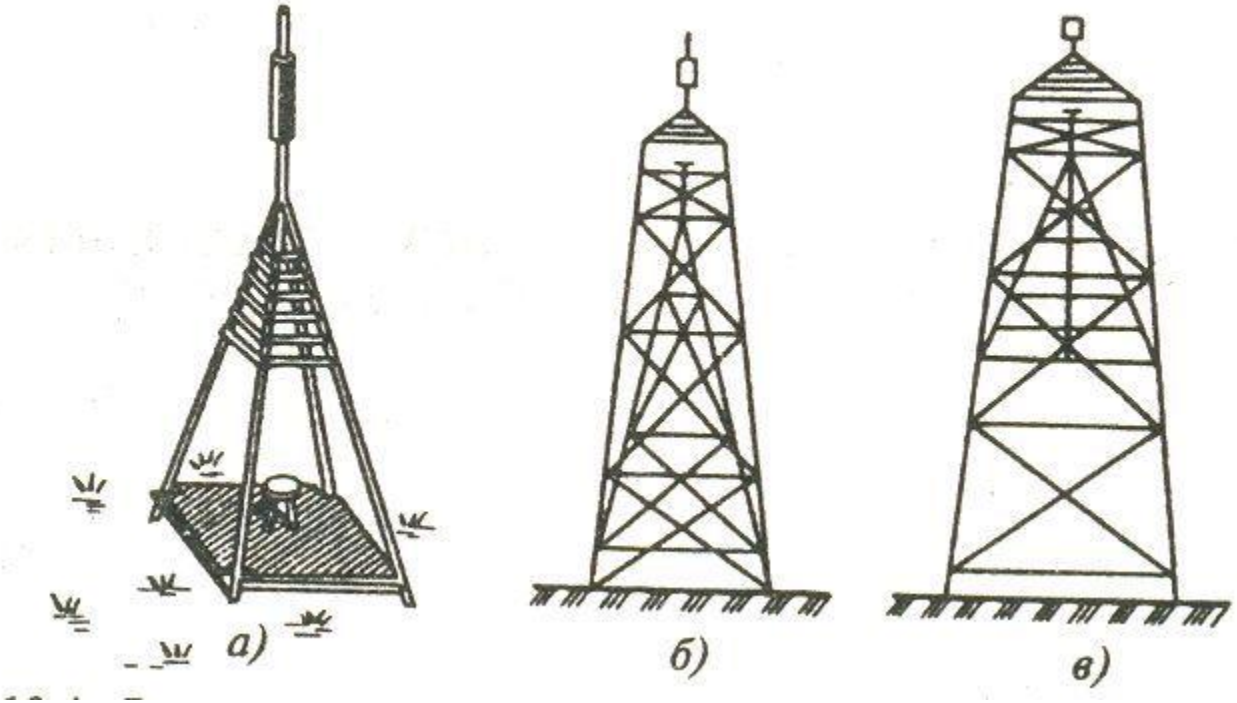
Стенные реперы и марки нивелирной сети (по Большаков и др., 1975)



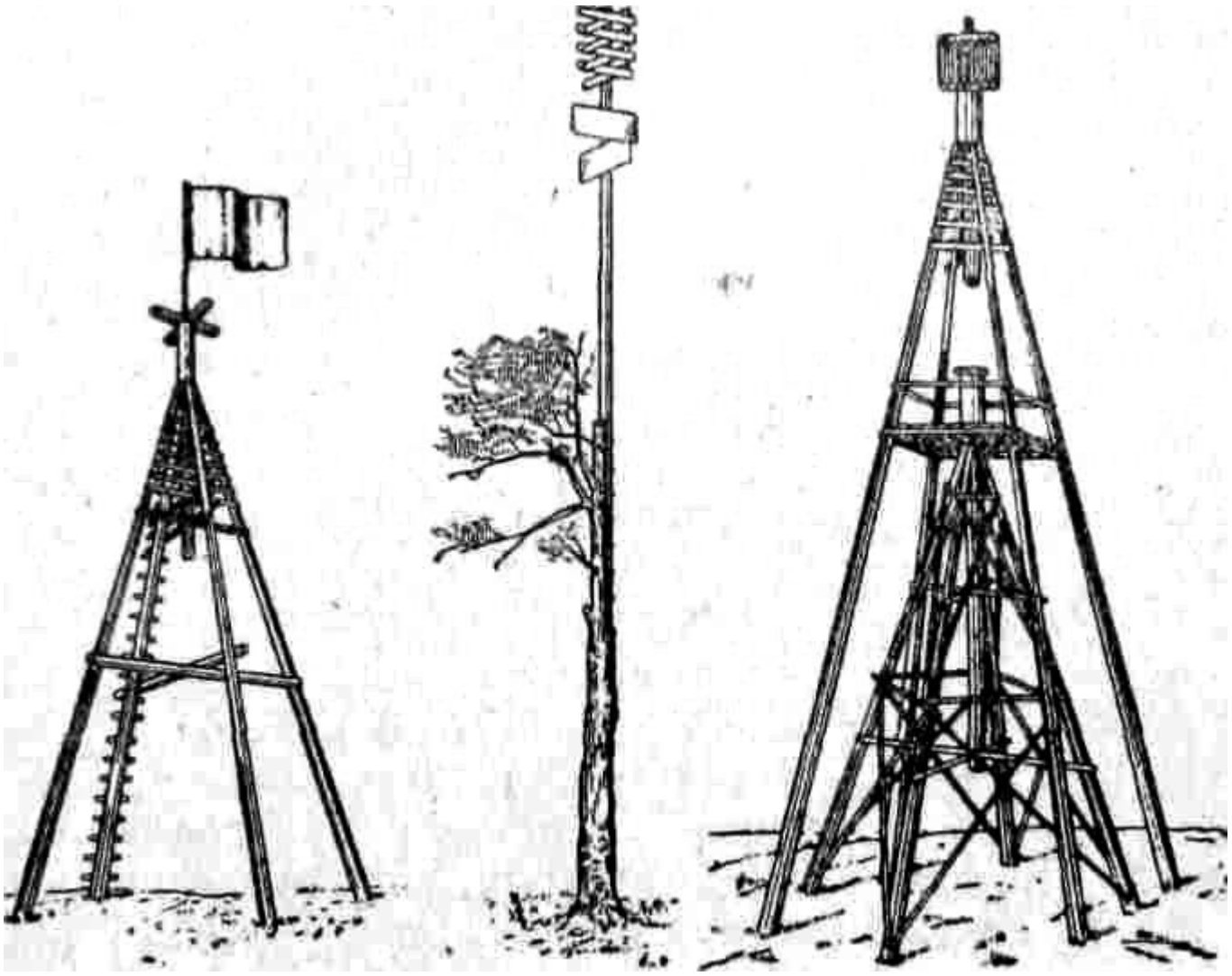
Нивелирная марка на здании театра кукол в Москве

http://ssgen.livejournal.com/410604.html

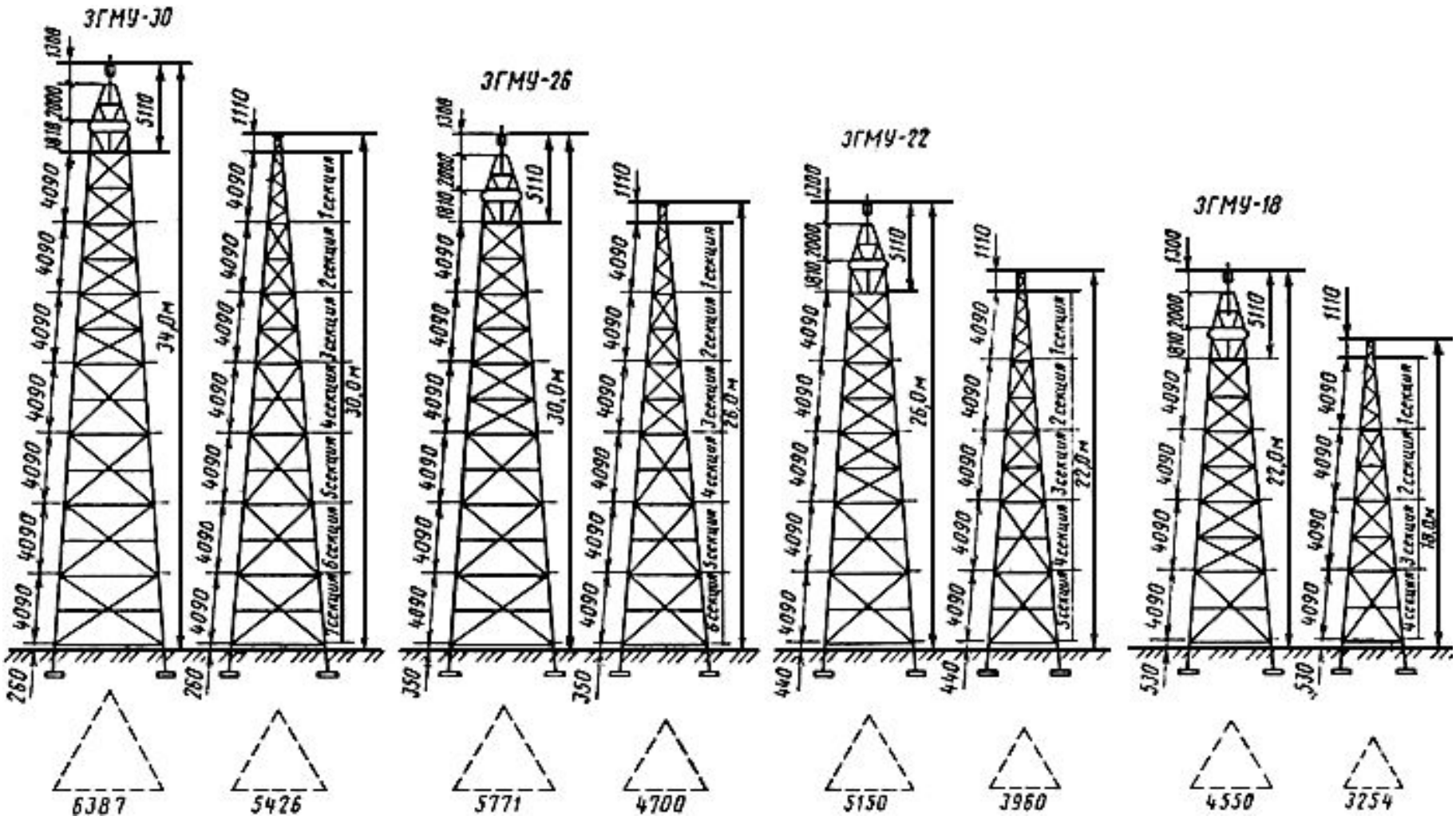
а – пирамида, б- простой сигнал, в – сложный сигнал.



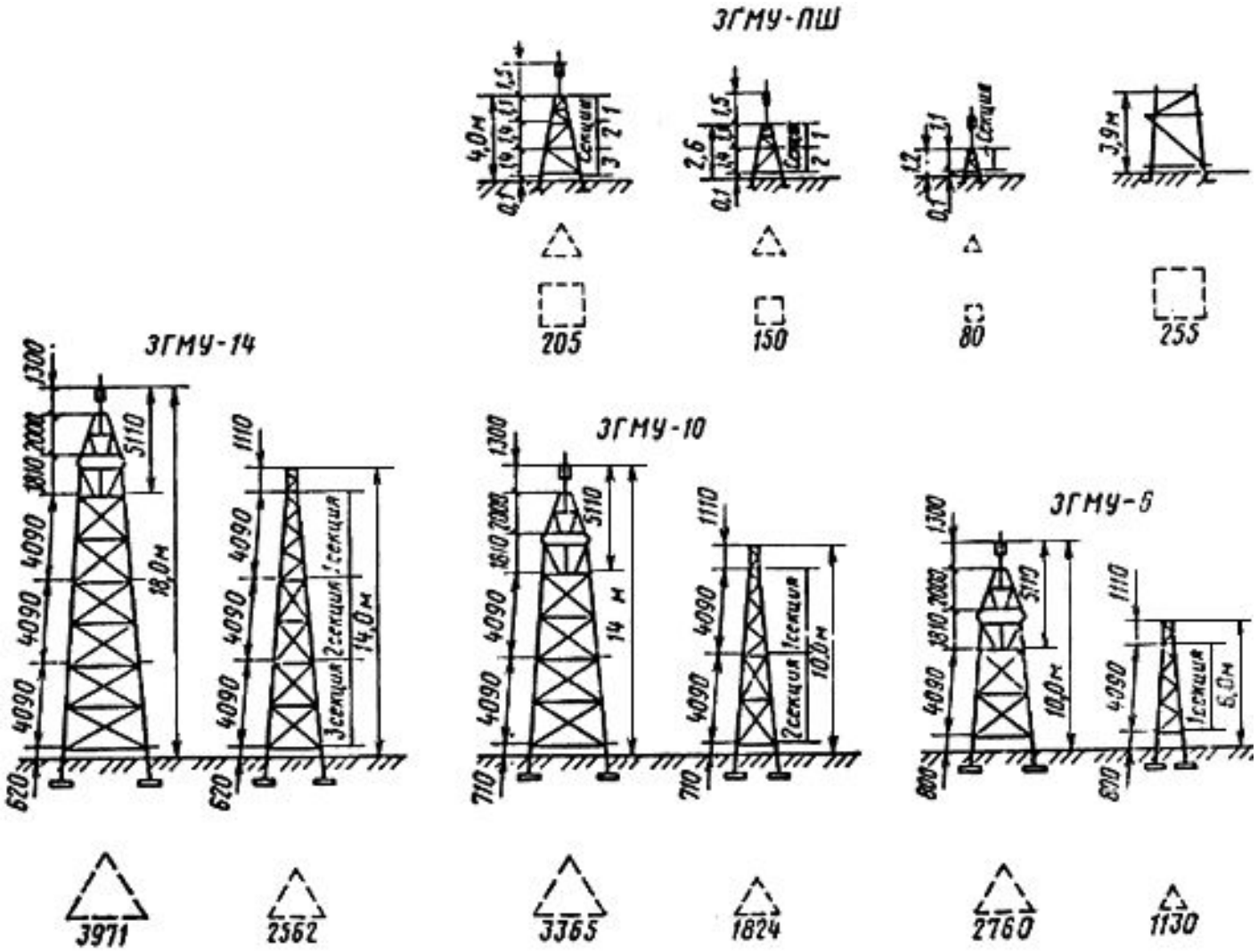
Различные варианты геодезических знаков



Геодезические знаки (по ГОСТ 21668-85)



Геодезические знаки (по ГОСТ 21668-85)



Геодезический знак на побережье Белого моря

http://lumigraph.livejournal.com/1140.html

Геодезическая вышка

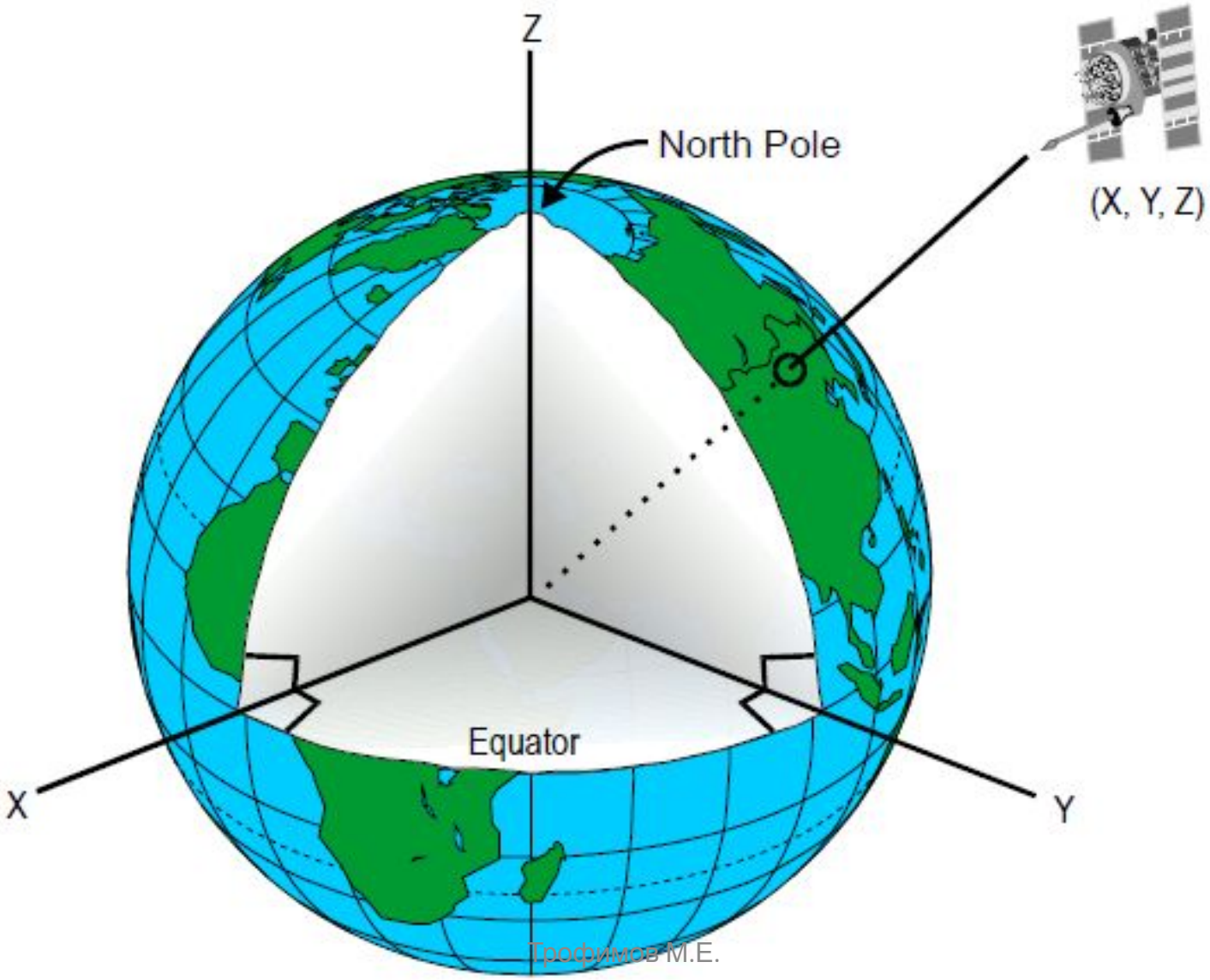
Металлическая пластина для установки теодолита (слева) и репер (справа).

http://wikipedia.org)

Репер нивелирной сети в США

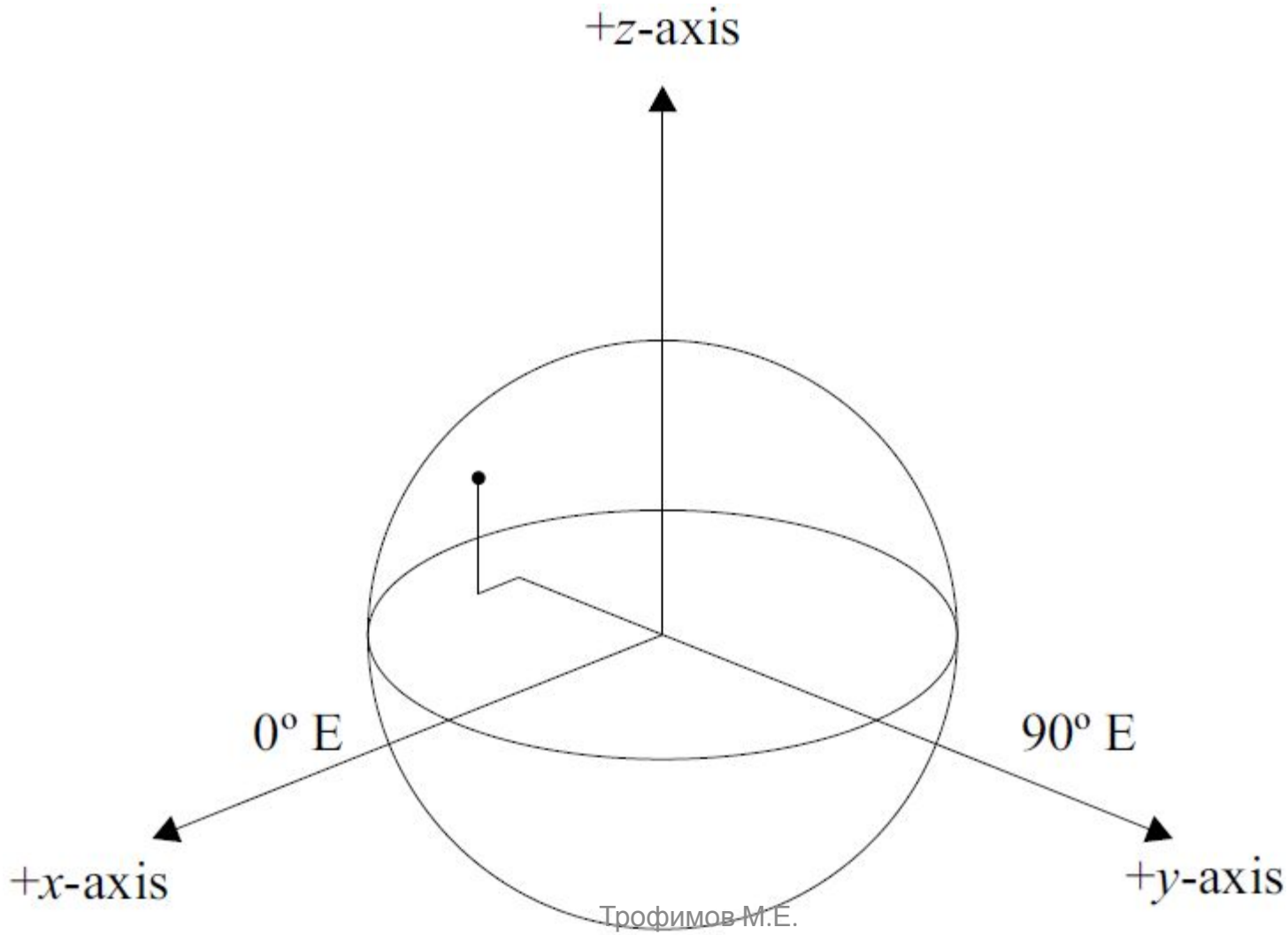
litau.ru

Схематический вид XYZ системы координат применяемых в GPS

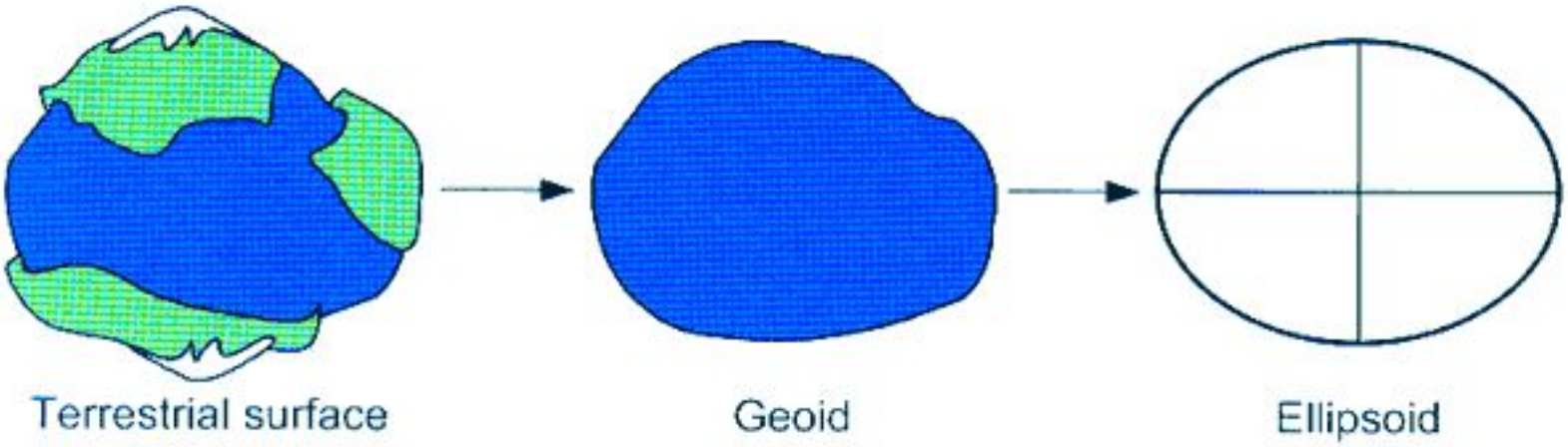


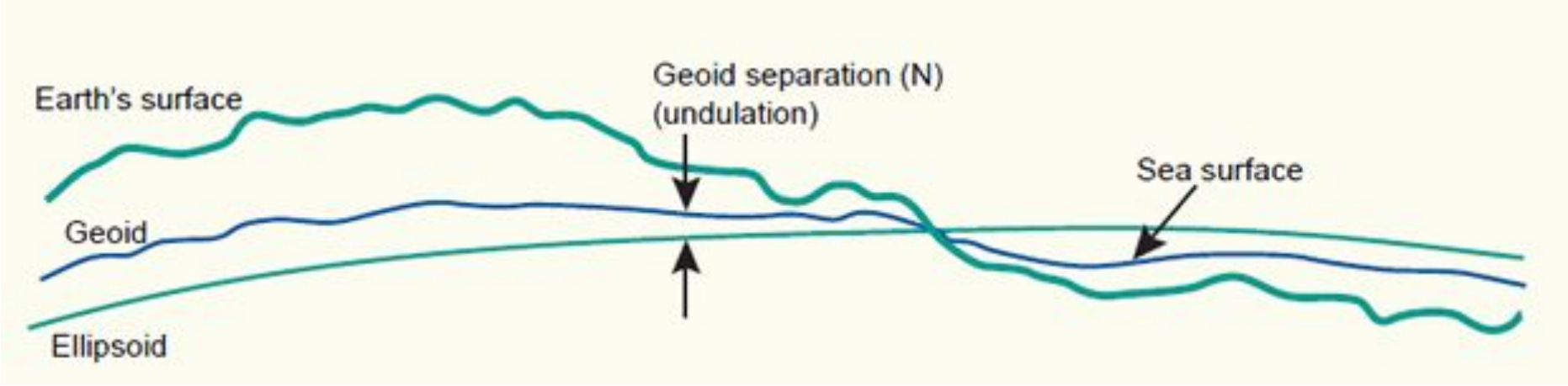
XYZ координаты юго-восточного угла крыши здания W.B. Young кампуса университета Коннектикута.

x= 1451658,2 ; y= - 4534382,6 ; z= 4230142,1

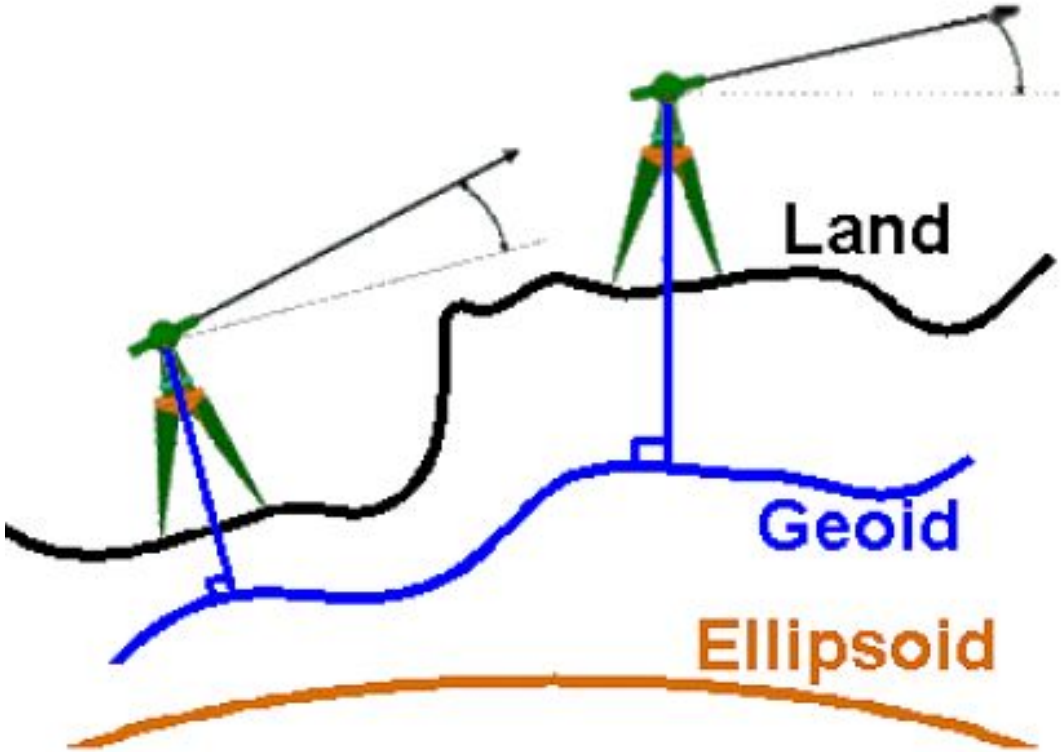


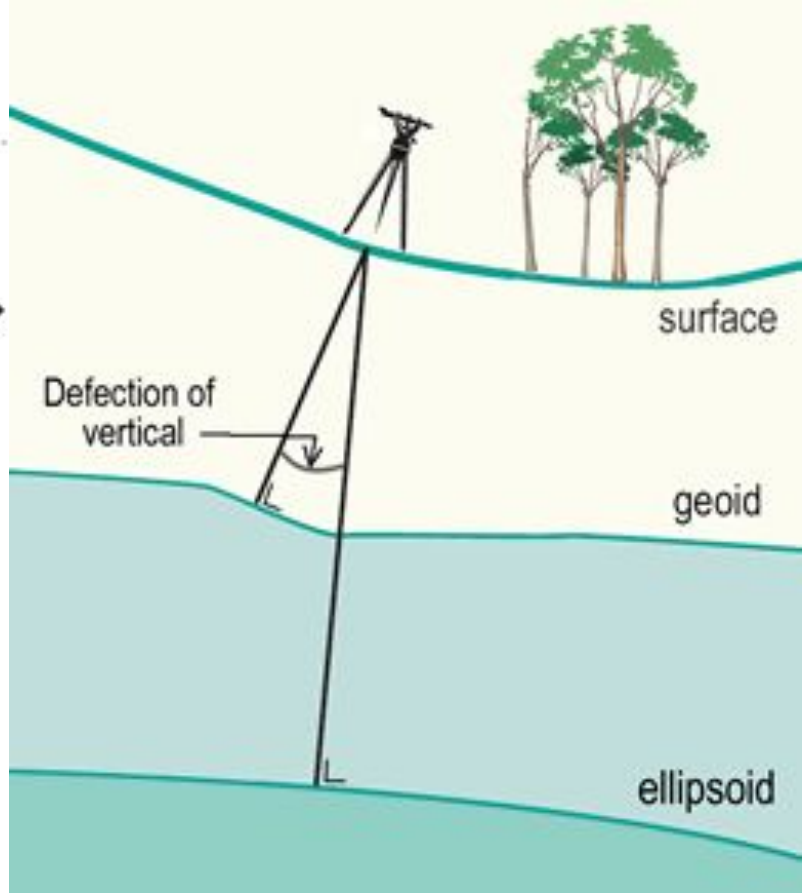
Соотношение реальной формы Земли, геоида и элипсоида



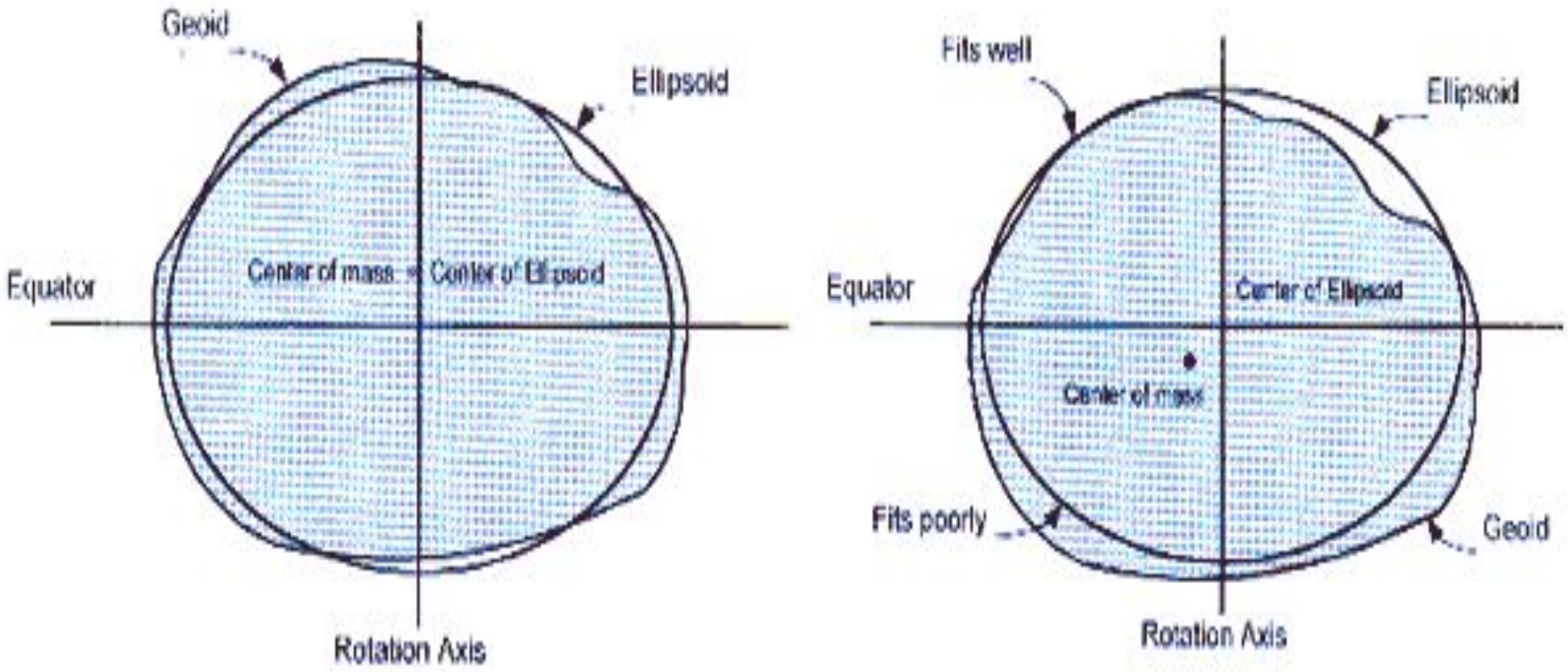


Соотношение земной поверхности, геоида и элипсоида

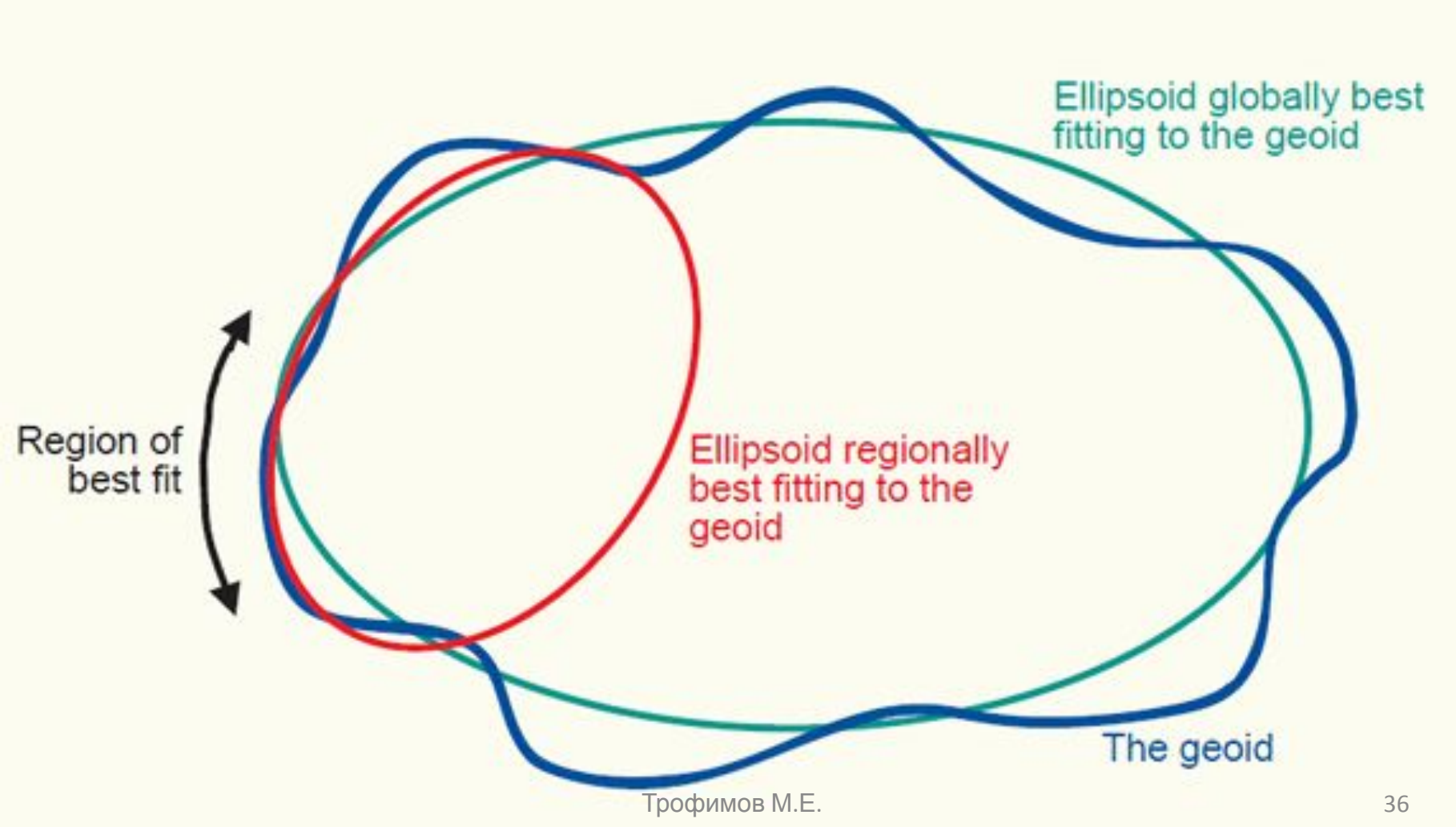




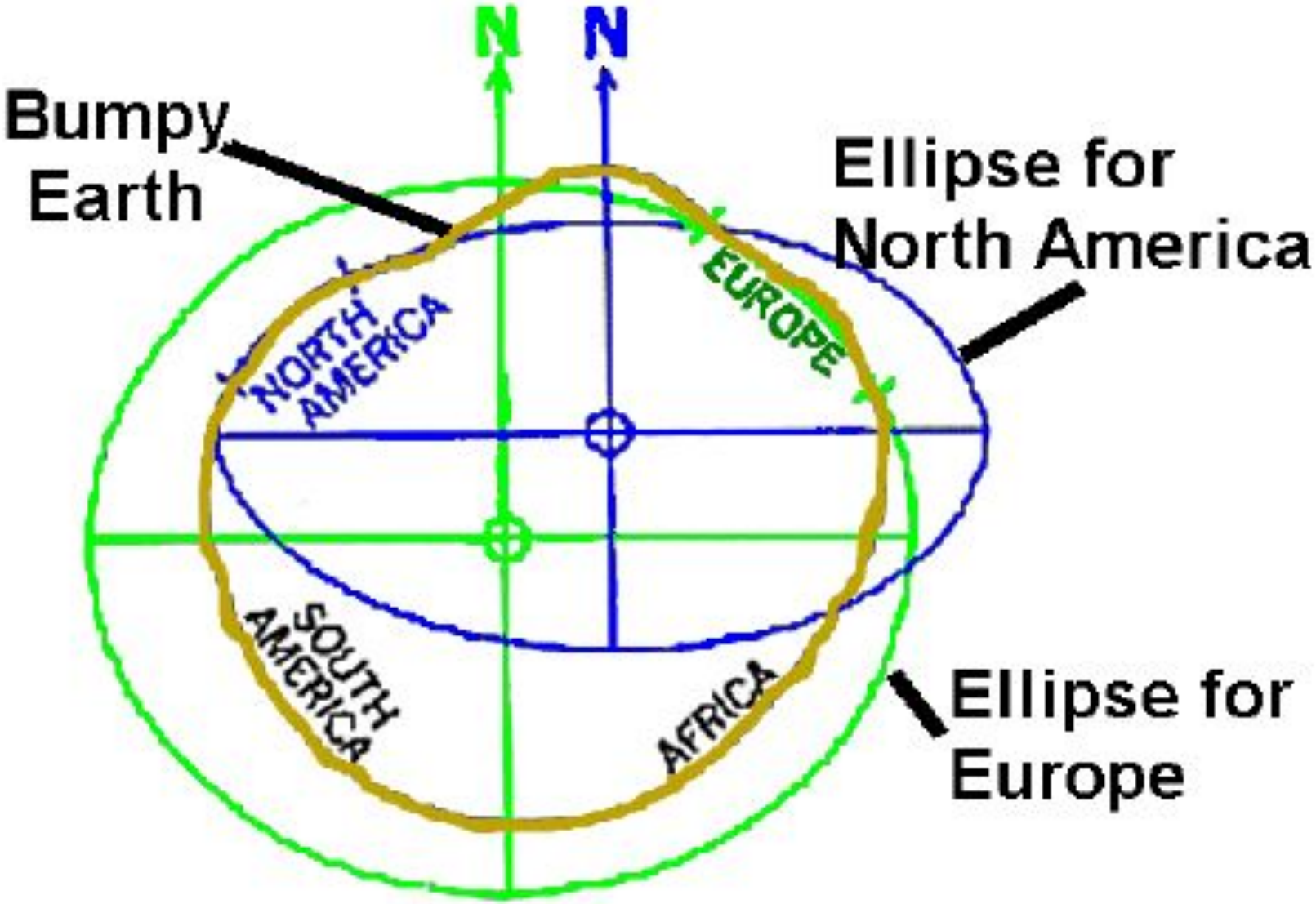
Глобальный (слева) и локальный референц-элипсоиды



Глобальный и локальный референц-элипсоиды



Схематическое изображение локальных эллипсоидов для Северной Америки и Европы на фоне формы Земли.



Вертикальные датумы

- North American Vertical Datum of 1988
- National Geodetic Vertical Datum of 1929

- Балтийская система высот 1950
- Главная система высот 1977

Горизонтальные датумы

- North American Datum of 1927 (NAD 27) (на эллипсоиде Кларка 1866)
- North American Datum of 1983 (на эллипсоиде Кларка, 1866)
- WGS84
- ПЗ90

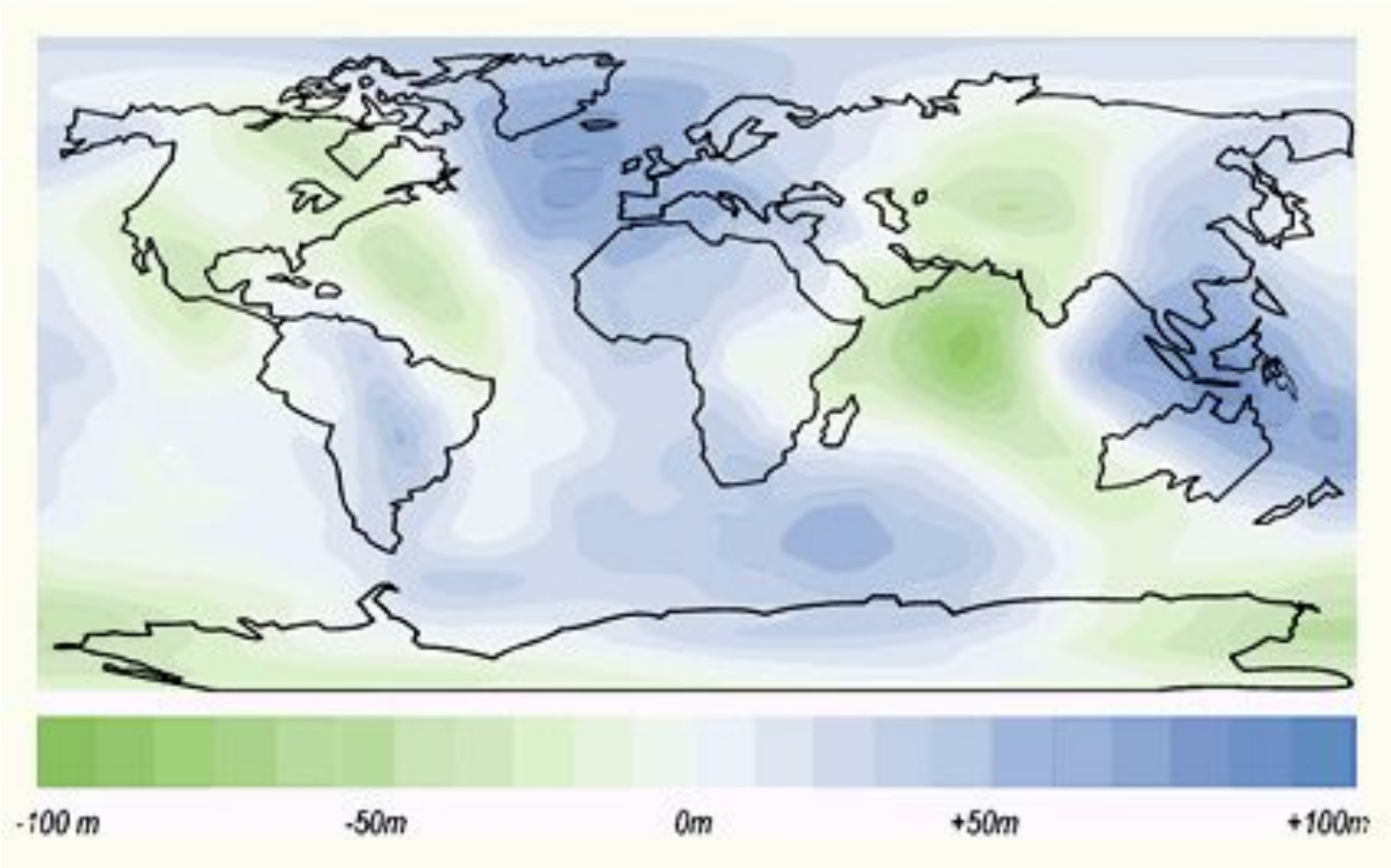
Некоторые датумы и их элипсоиды

Datum	***Ellipsoid***
Adindan	Clarke 1880
European 1950	International 1924
Pulkovo 1942	Krassovsky
WGS 84	WGS 84

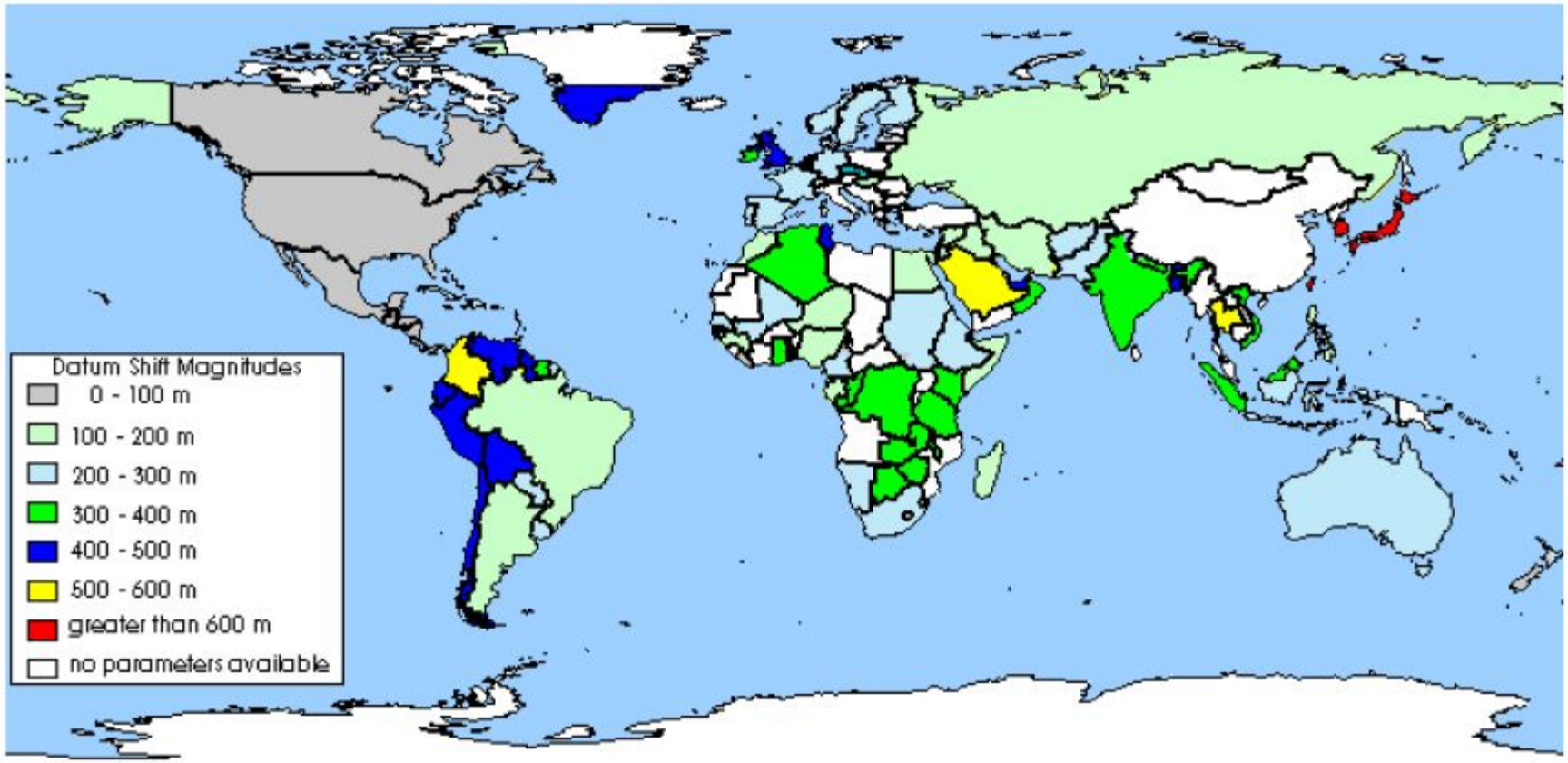
Важнейшие референц-элипсоиды

Name	Equatorial axis (m)	Polar axis (m)	Inverse flattening, $1/f$
Delambre, France 1810	6,376,985.0		308,6465
Airy 1830	6,377,563.4	6,356,256.913224	299.3249646
Bessel 1841	6,377,397.155	6,356,078.963	299.1528128
Alexander Ross Clarke	6,378,206.4	6,356,583.8	294.9786982
Helmert 1906	6,378,200.0	(close to WGS84!)	298.30
International 1924	6,378,388.0	6,356,911.9	297.0
Krassowski 1940	6,378,245.00	(for Eastern Europe)	298.3
Internat. 1967 *Luzern*	6,378,165.00	(incl. Sat.Geodesy)	298.25
WGS 1984	6,378,137.00	6,356,752.3142	298.257223563

Отличие высот геоида от референц-элипсоида WGS84

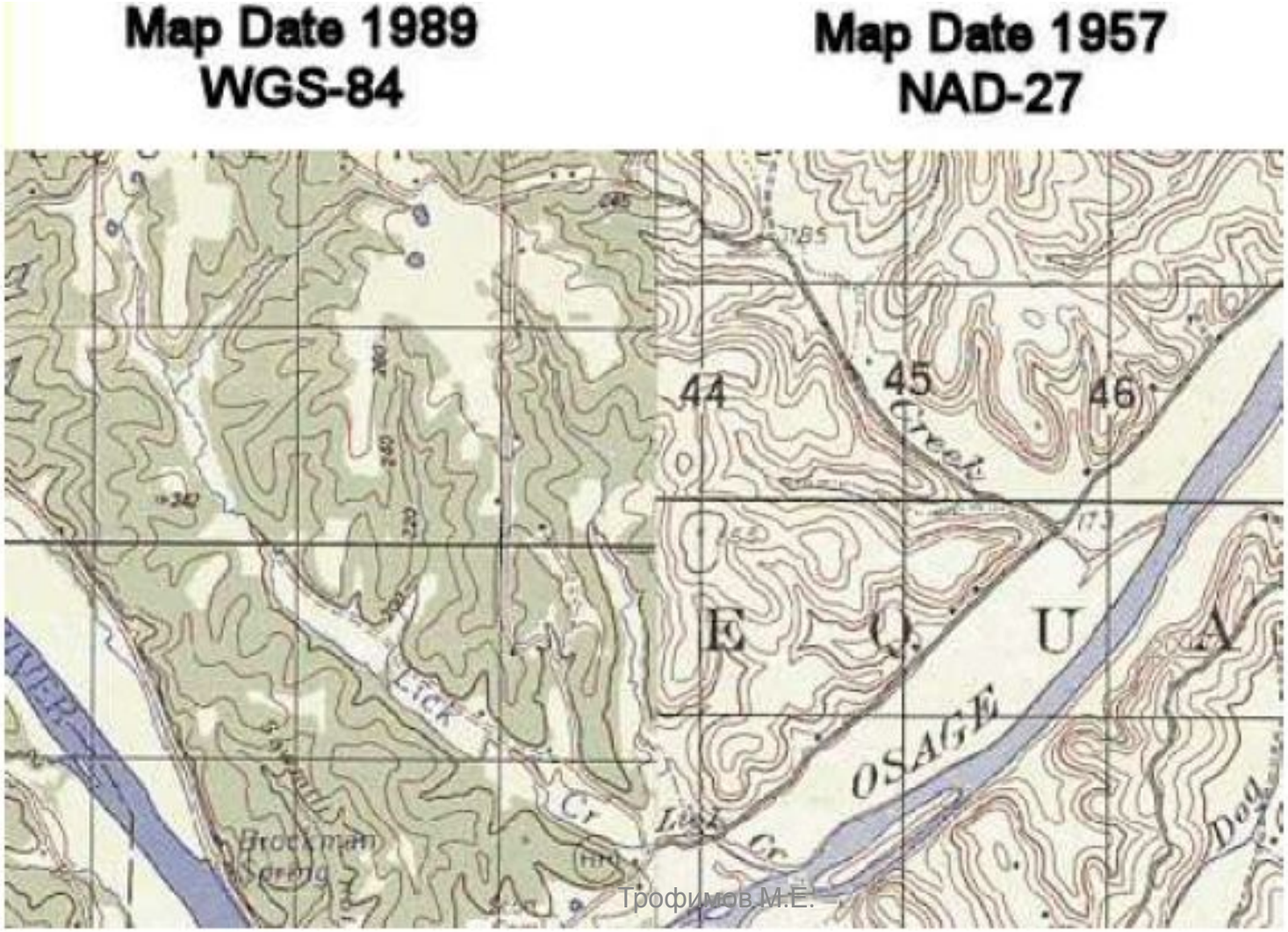


Отклонения принятых в странах горизонтальных датумов от WGS84, м

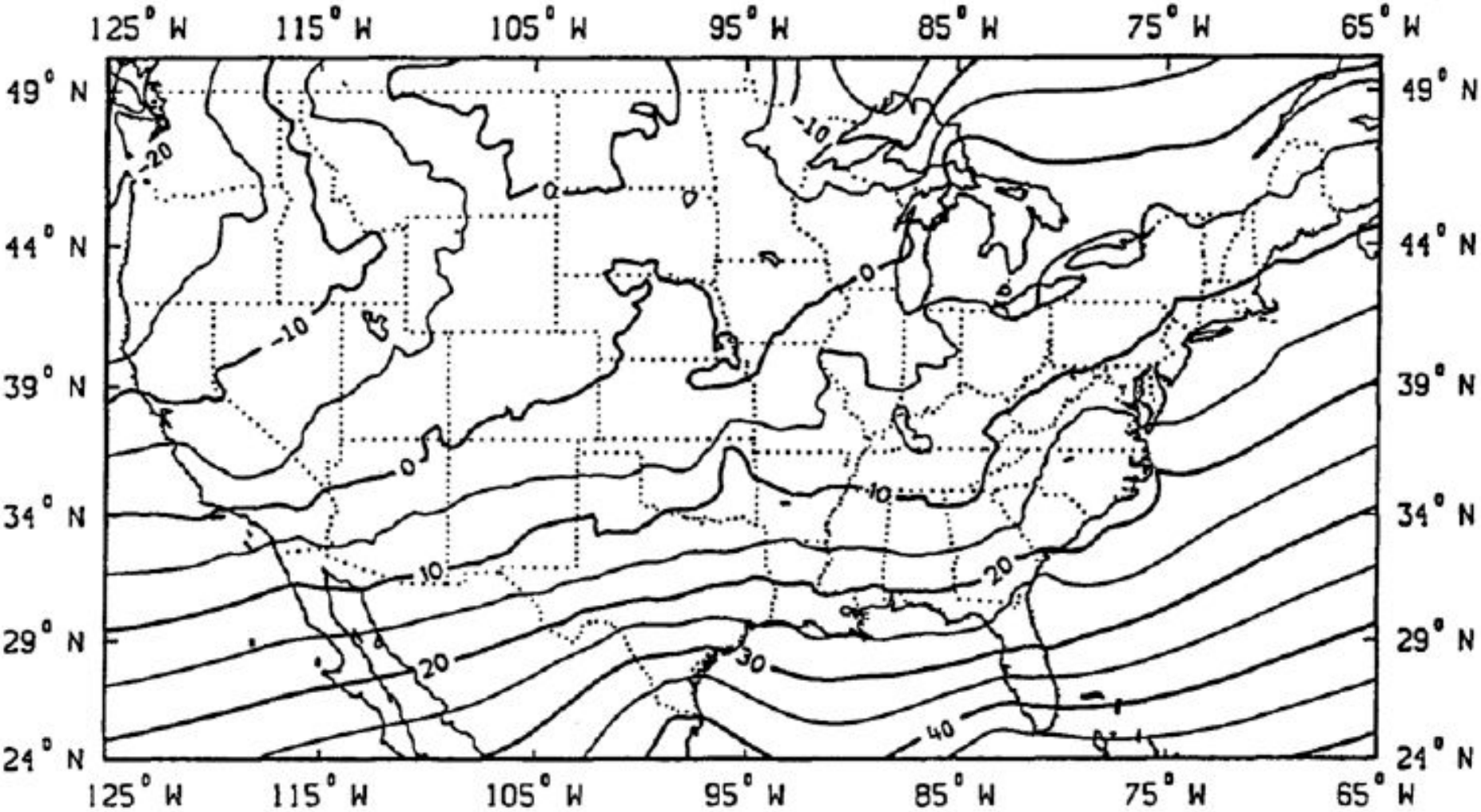


Различные вертикальные датумы – исчезновение горизонталей на бельгийско-голандской границе

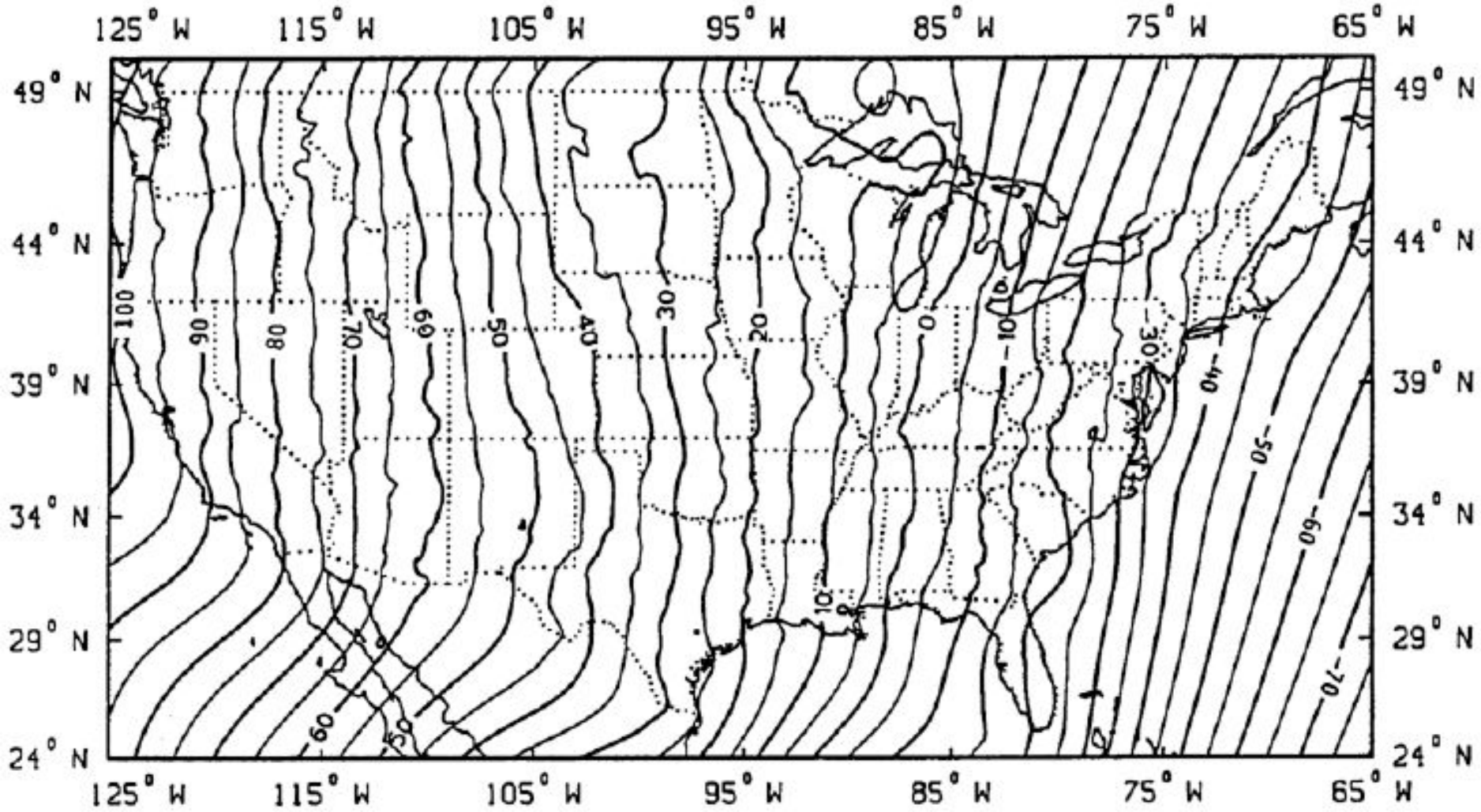
Различные горизонтальные датумы: сдвиг координатной сетки



Смещение датумов NAD27 и NAD83 в зависимости от широты в метрах.



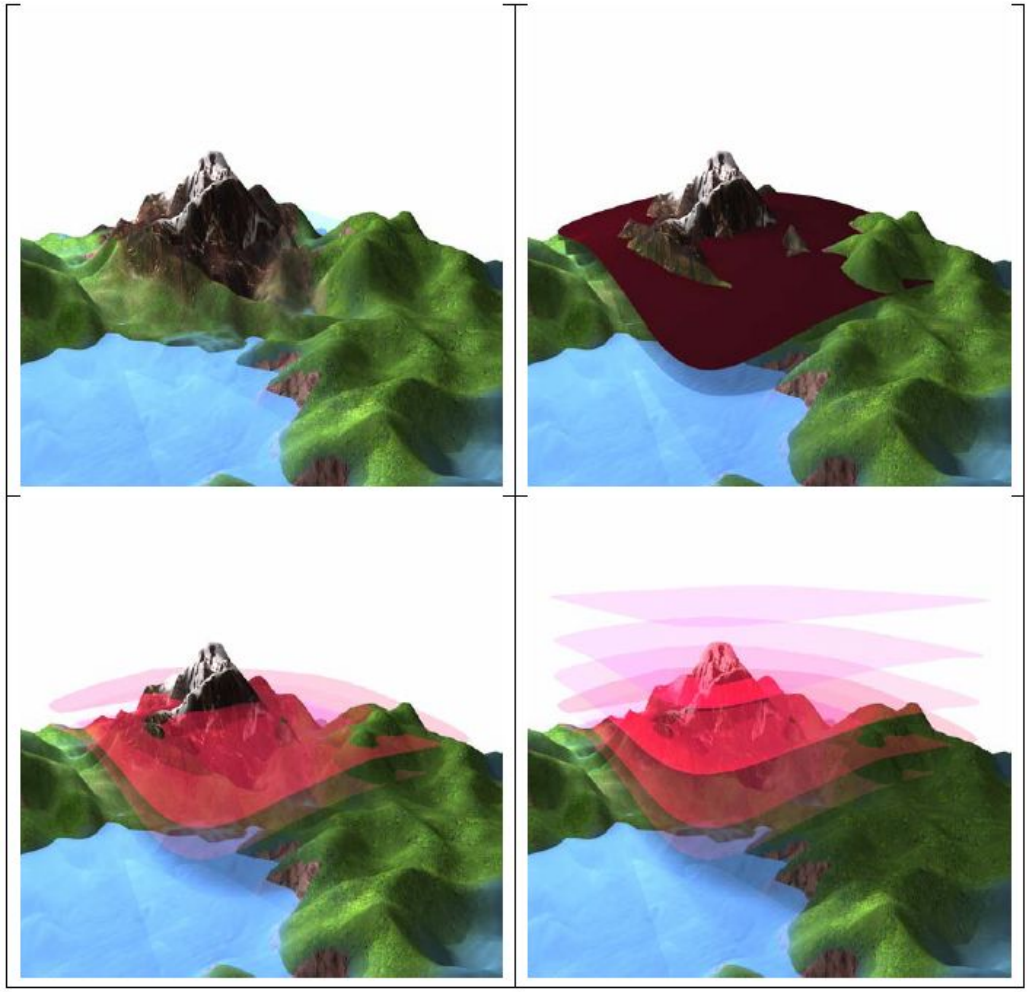
Смещение датумов NAD27 и NAD83 в зависимости от долготы в метрах.

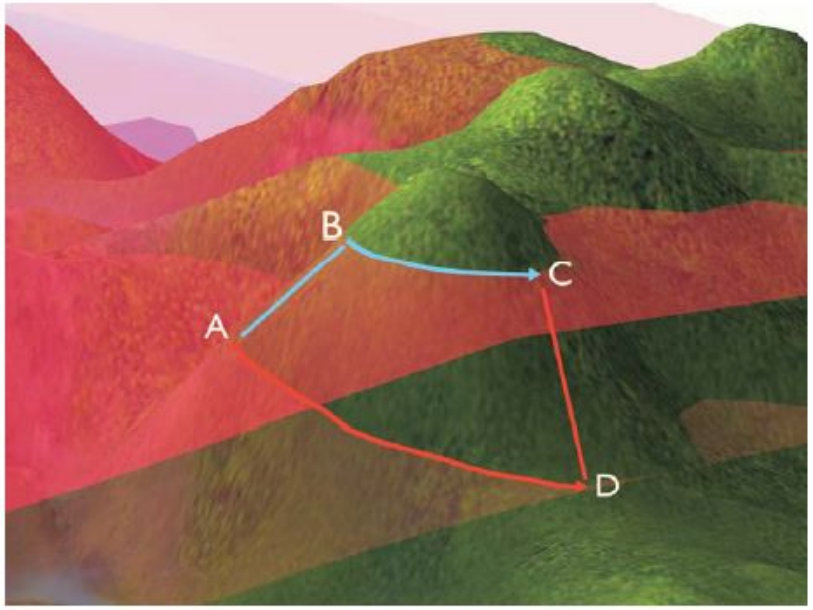


Системы высот

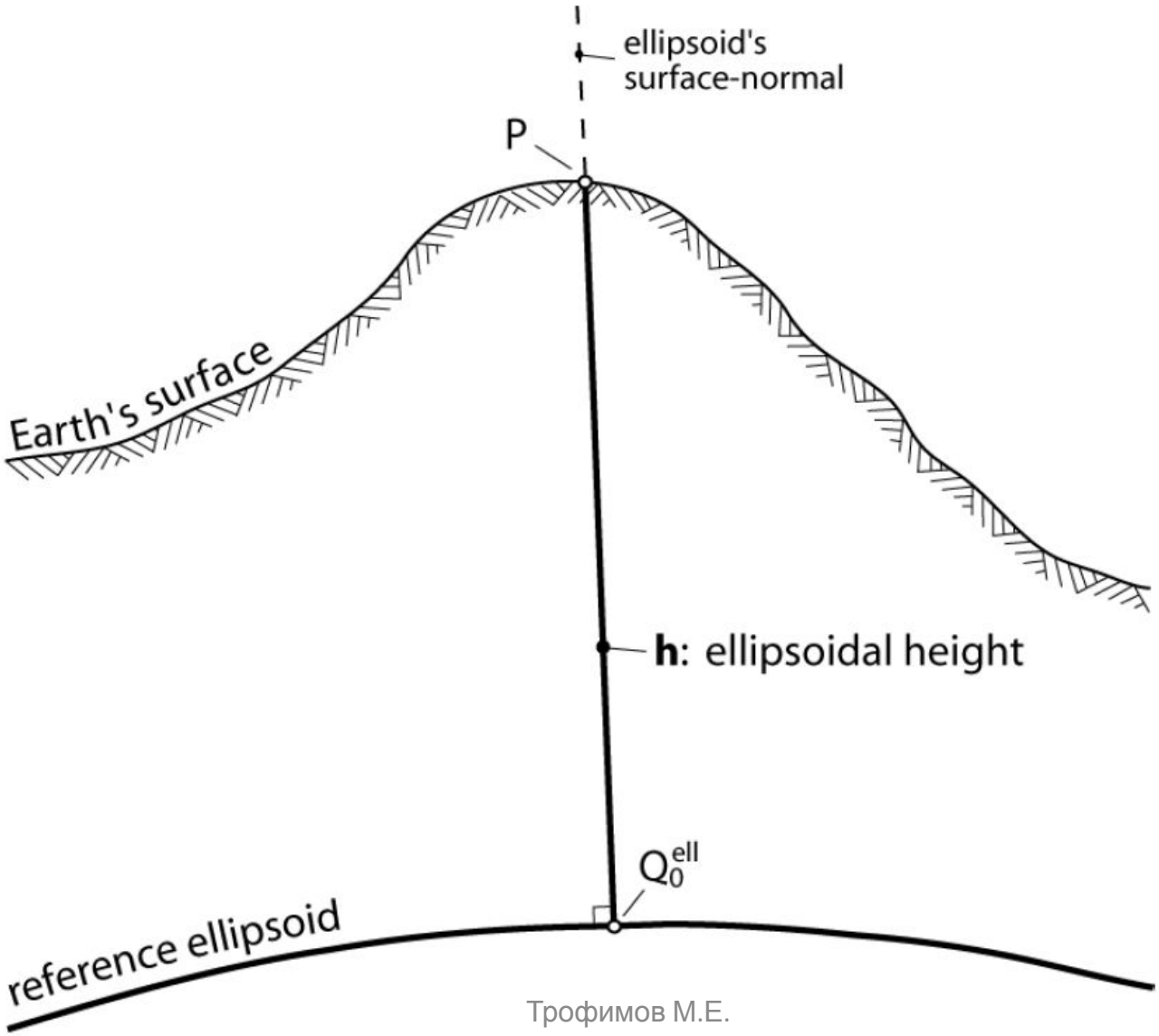
- Эллипсоидальные
- Ортометрические
- Нормальные
- Динамические

Гора и различные эквипотенциальные поверхности

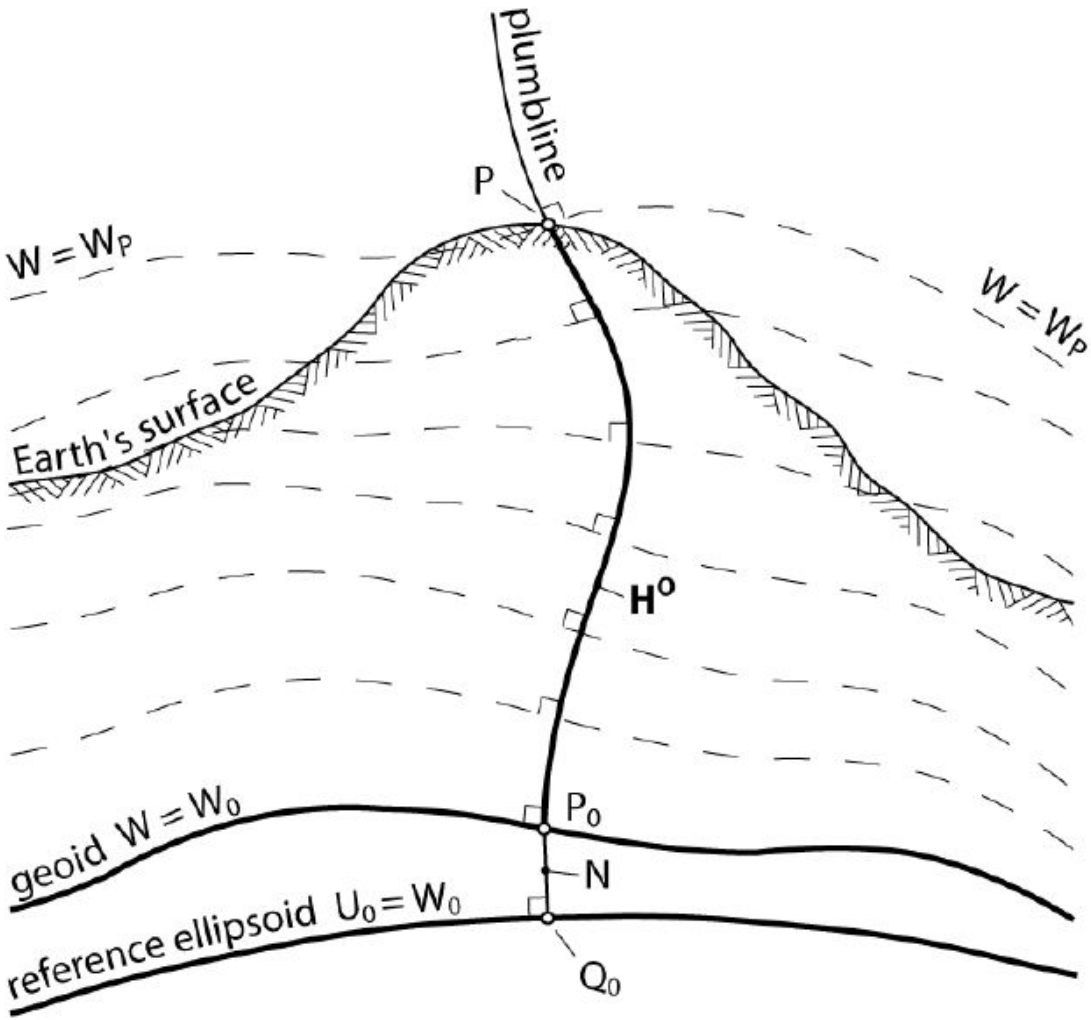




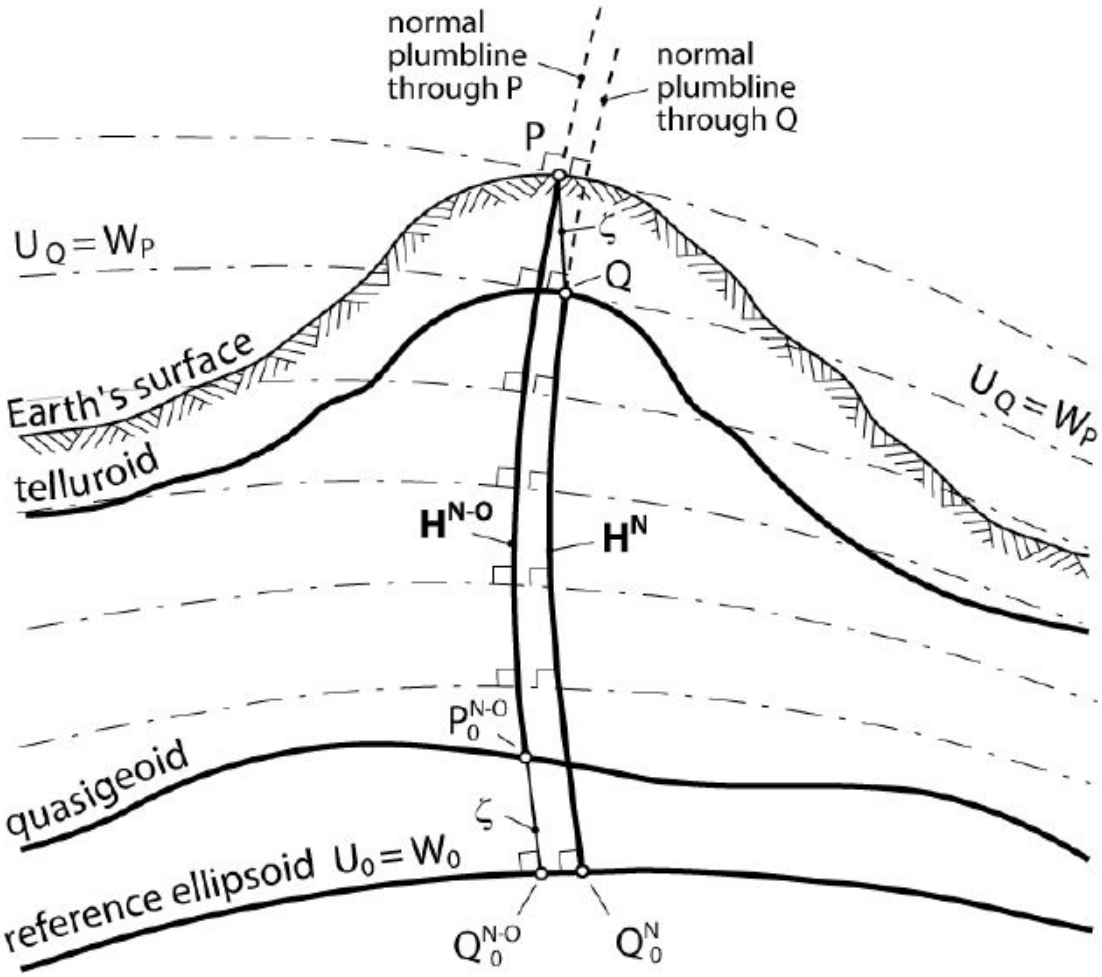
Эллипсоидальная высота



Ортометрическая высота



Нормальная высота



H^N: normal height

H^{N-O}: normal-orthometric height

— · —: normal equipotential surface U_Q = const.