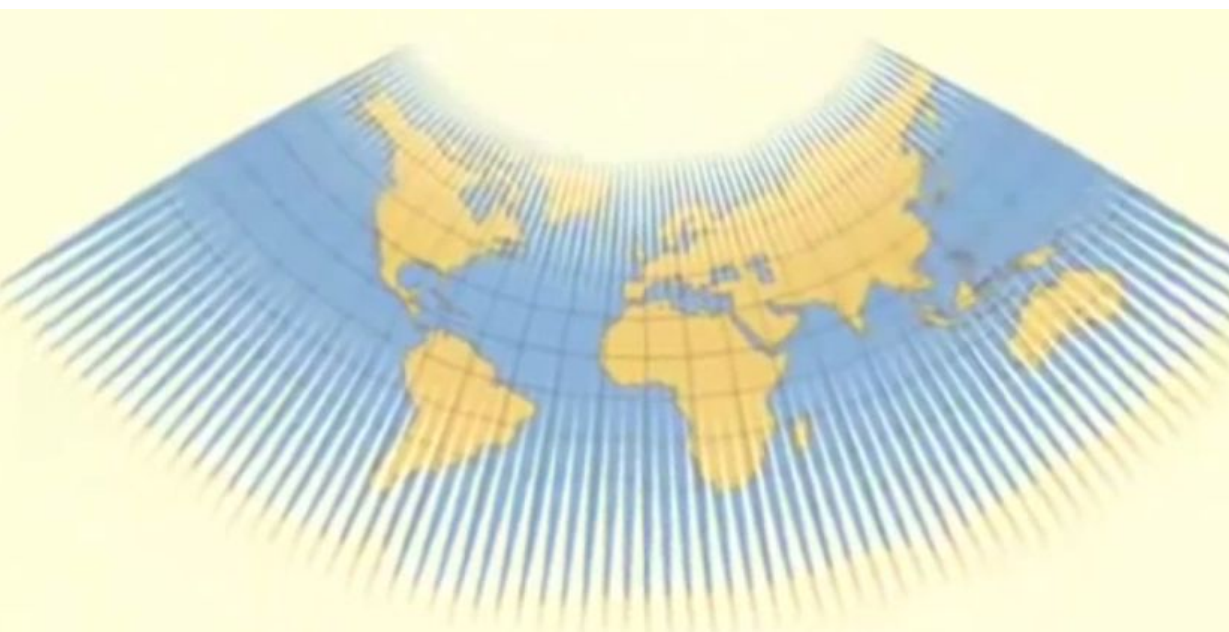
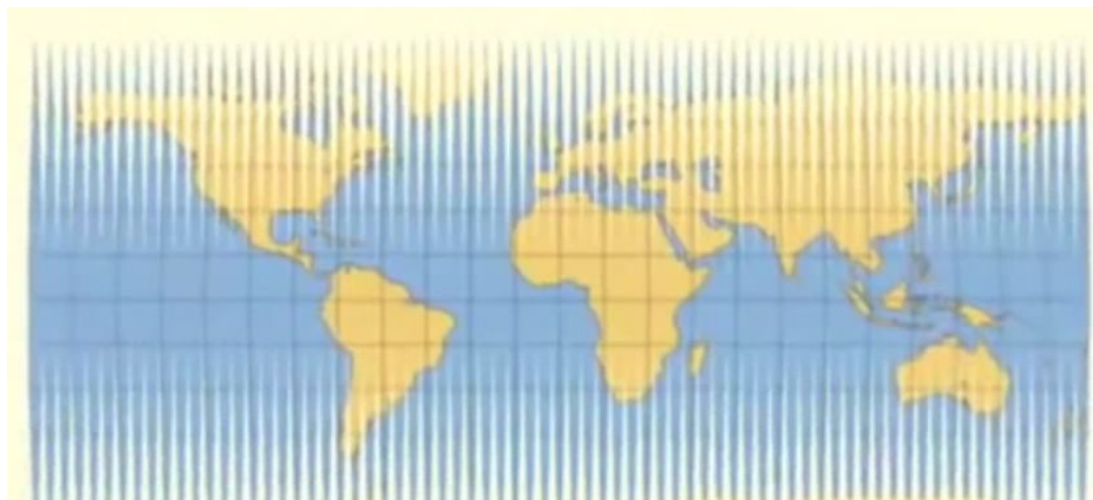


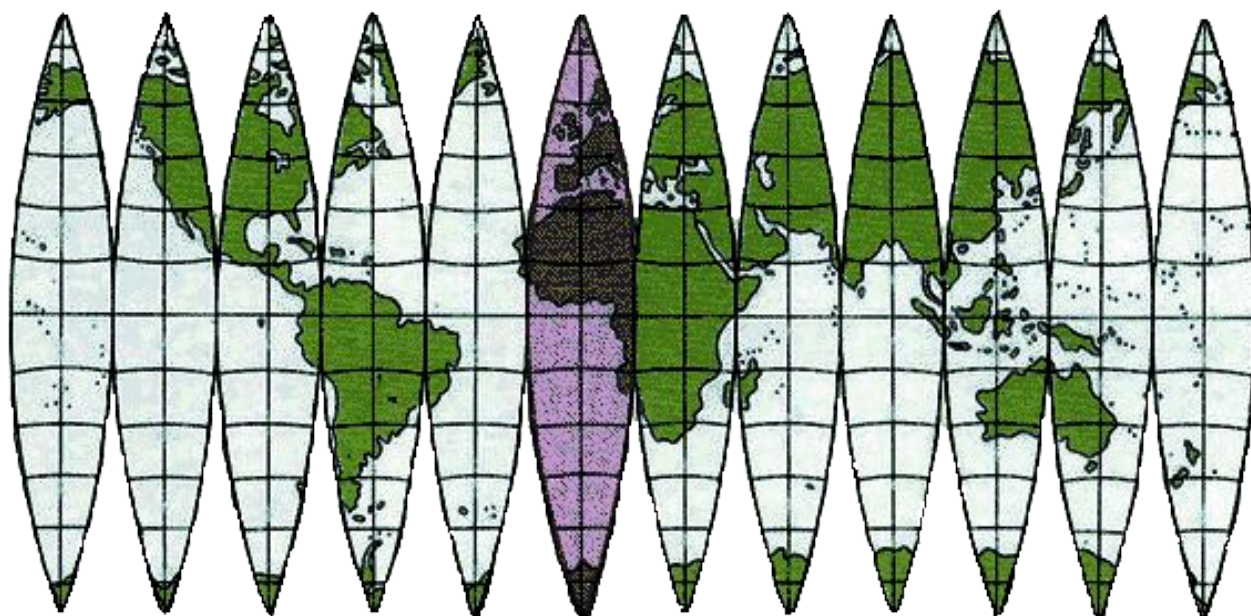


Глобус

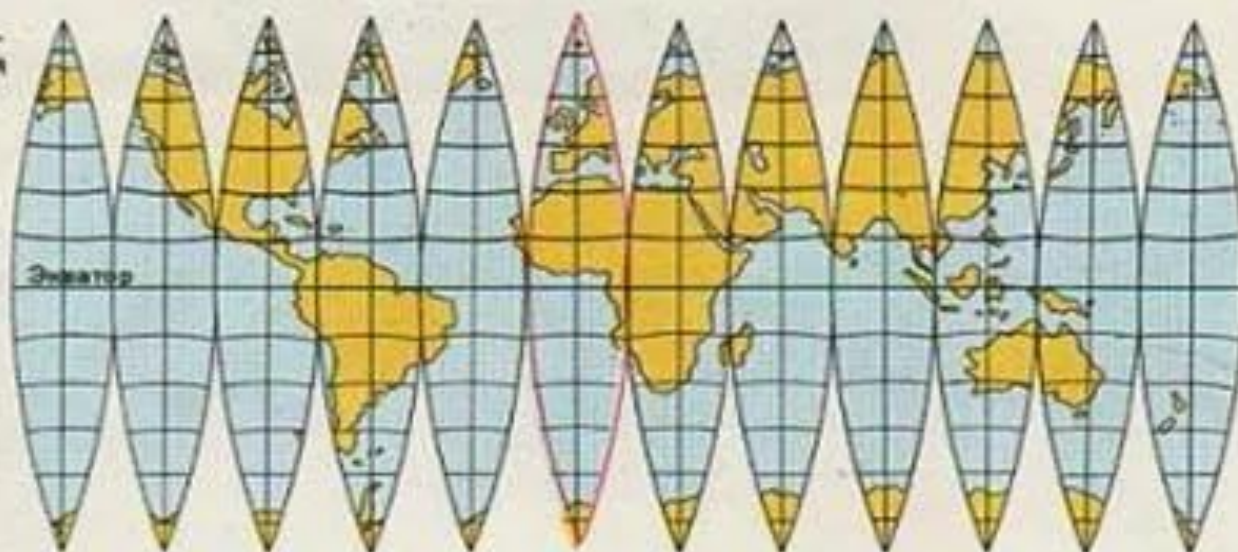


Рис. 1

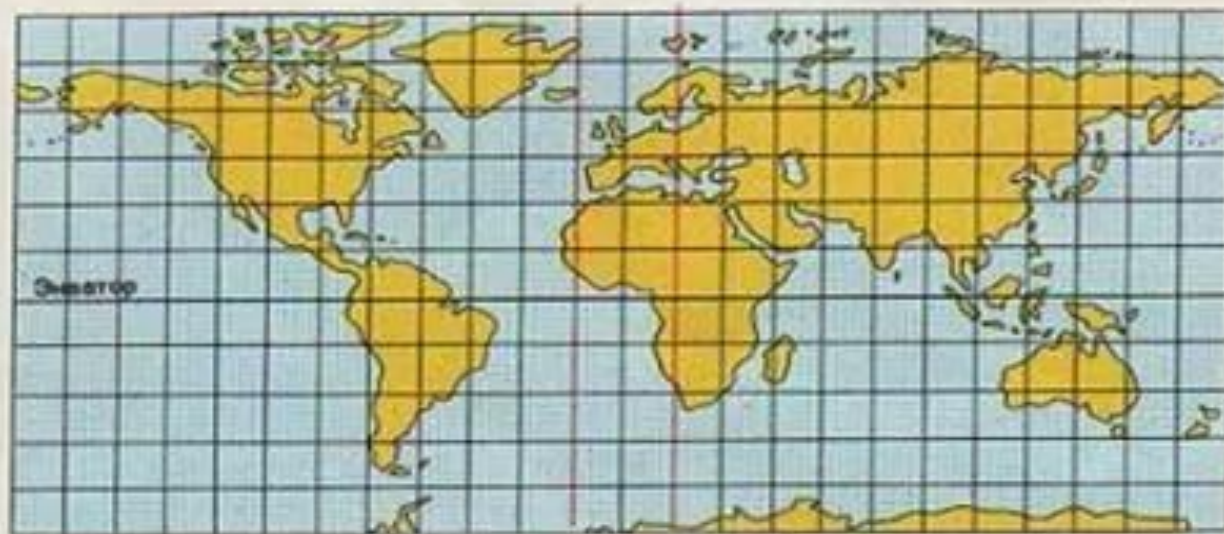
Глобус, порезанный по меридианам



Поверхность гло-
буса, разрезанная
меридианами на
зоны



Карта мира,
полученная
растяжением
зон



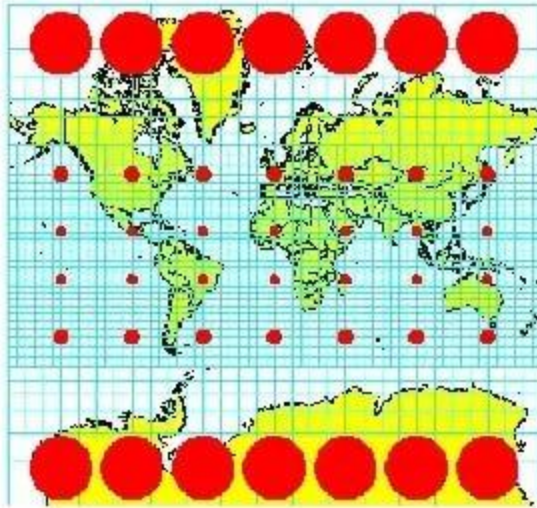
ИСКАЖЕНИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ

Длины

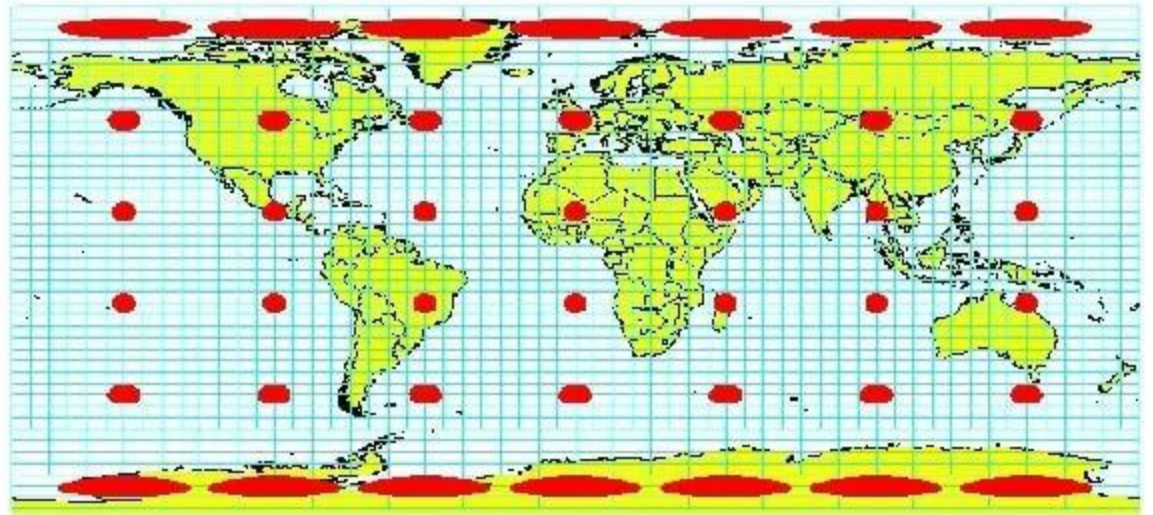
Углы

Площади

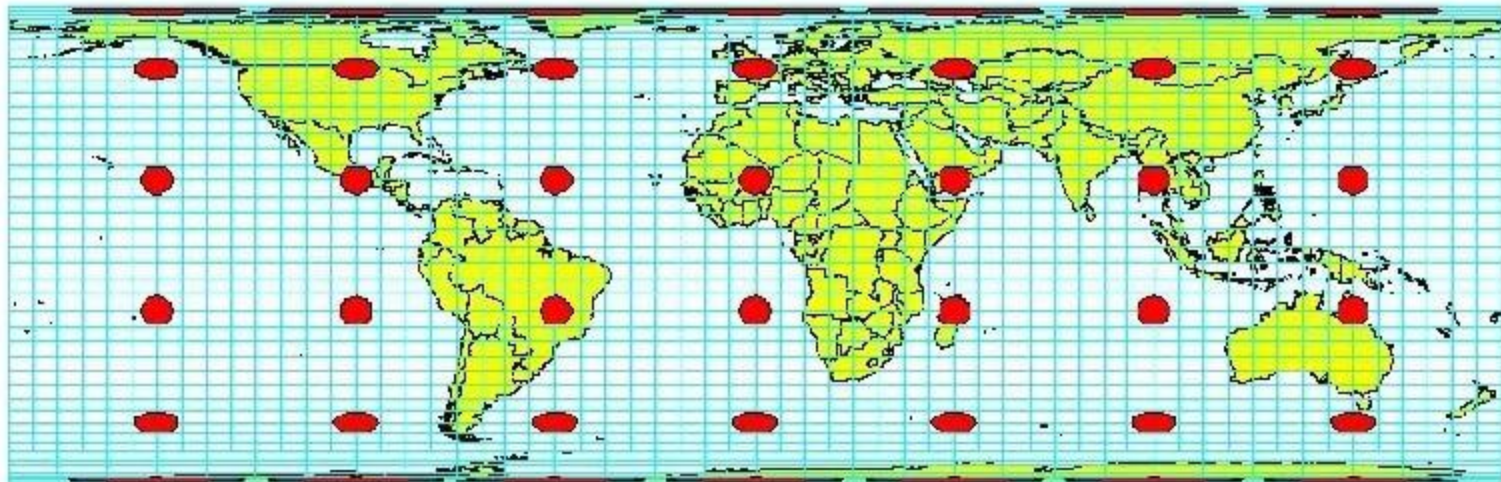
Искажения



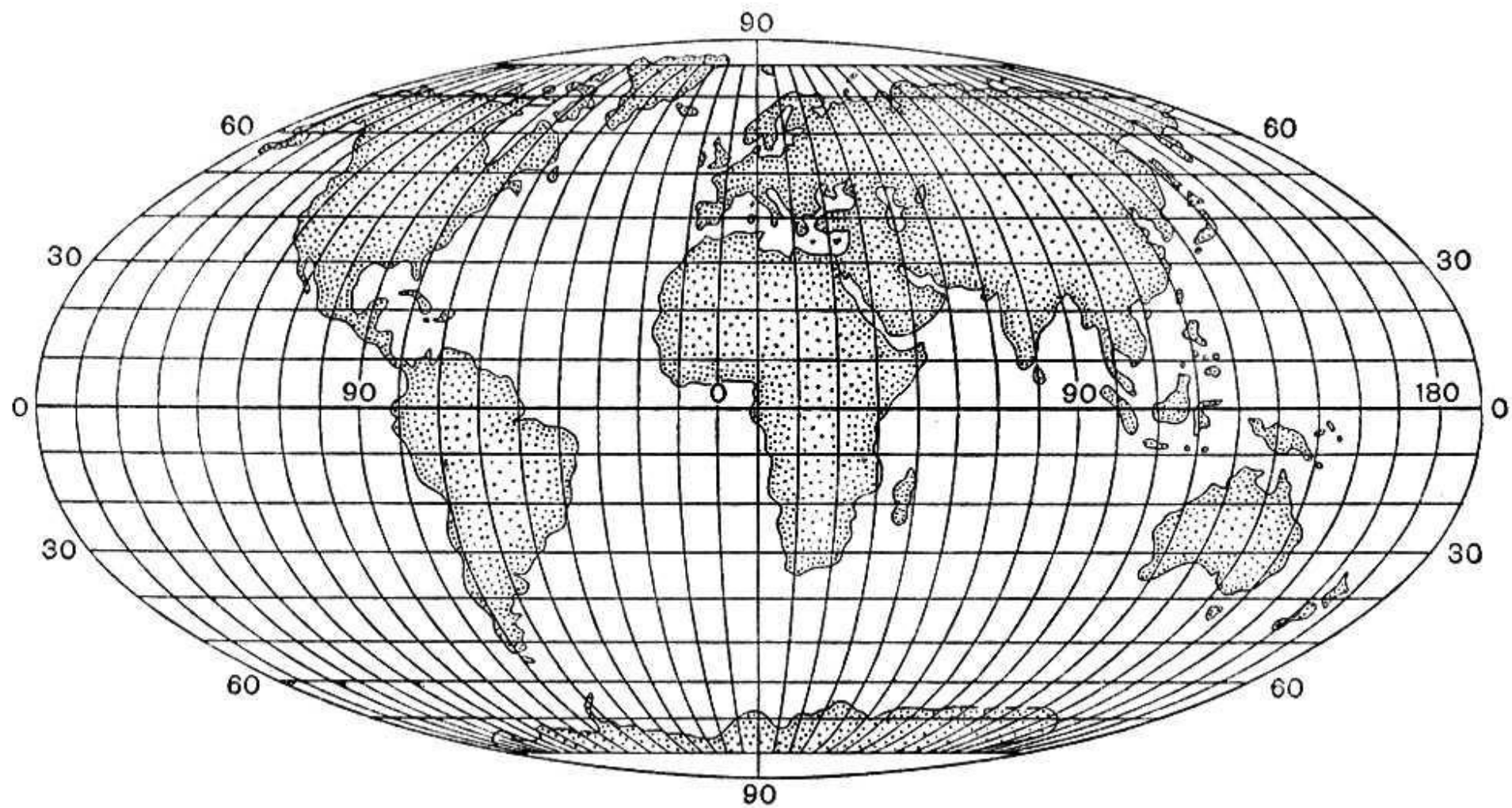
на равноугольной проекции



на равновеликой проекции



на равнопромежуточной проекции



Искажения на географической карте

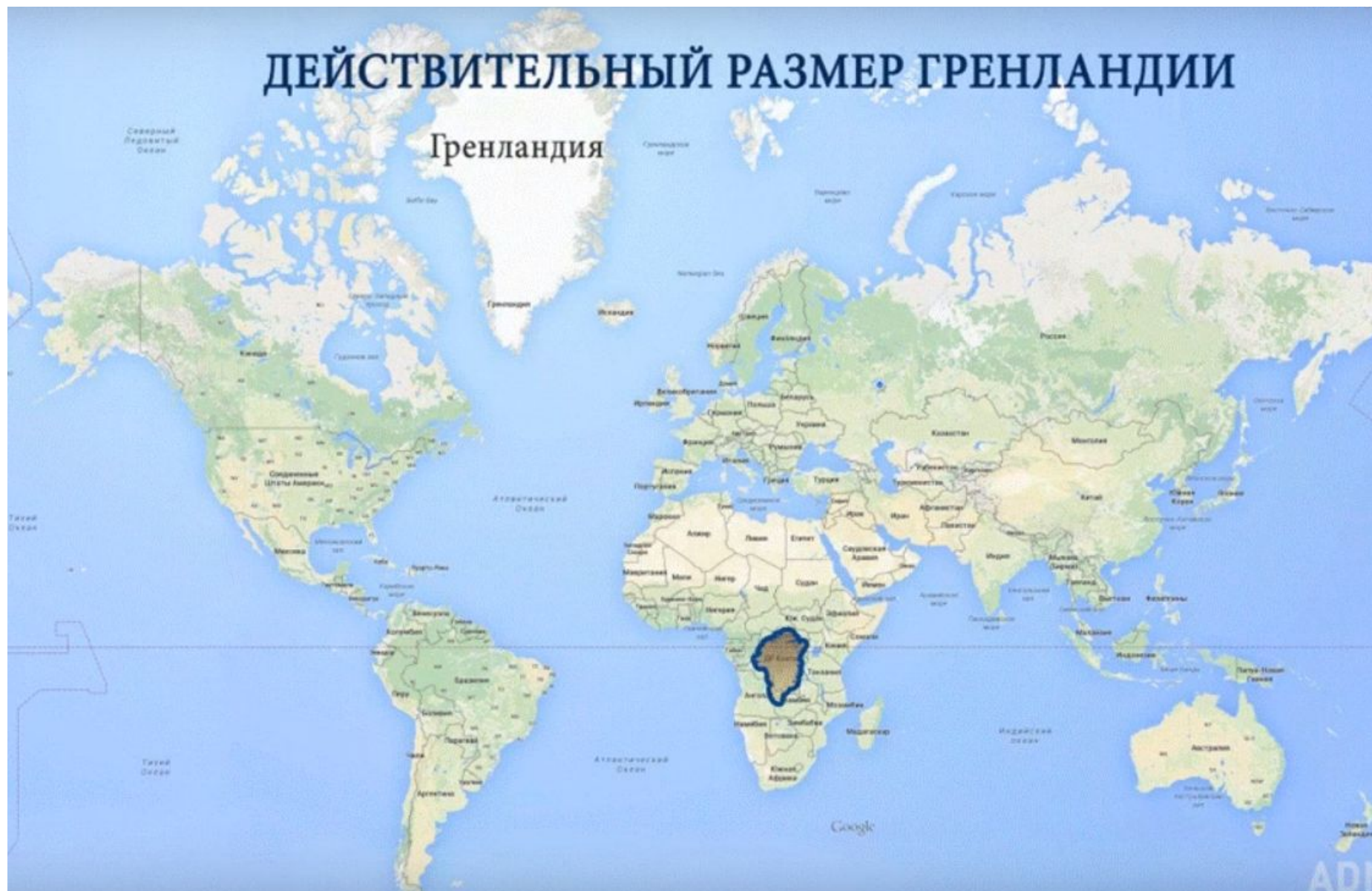


На каких частях карты изображения имеют наибольшие искажения?

РАЗМЕР ГРЕНЛАНДИИ, СОГЛАСНО КАРТЕ



ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЙ РАЗМЕР ГРЕНЛАНДИИ



ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЙ РАЗМЕР РОССИИ В СРАВНЕНИИ С АФРИКОЙ



НА МЕСТЕ ЕВРОПЫ

НА СВОЕМ МЕСТЕ

НА МЕСТЕ РОССИИ

НА МЕСТЕ ЕВРОПЫ

НА СВОЕМ МЕСТЕ

НА МЕСТЕ РОССИИ

НА МЕСТЕ ЕВРОПЫ

НА СВОЕМ МЕСТЕ

НА МЕСТЕ РОССИИ

НА МЕСТЕ РОССИИ

НА СВОЕМ МЕСТЕ

НА МЕСТЕ РОССИИ

НА СВОЕМ МЕСТЕ

НА МЕСТЕ РОССИИ

НА СВОЕМ МЕСТЕ

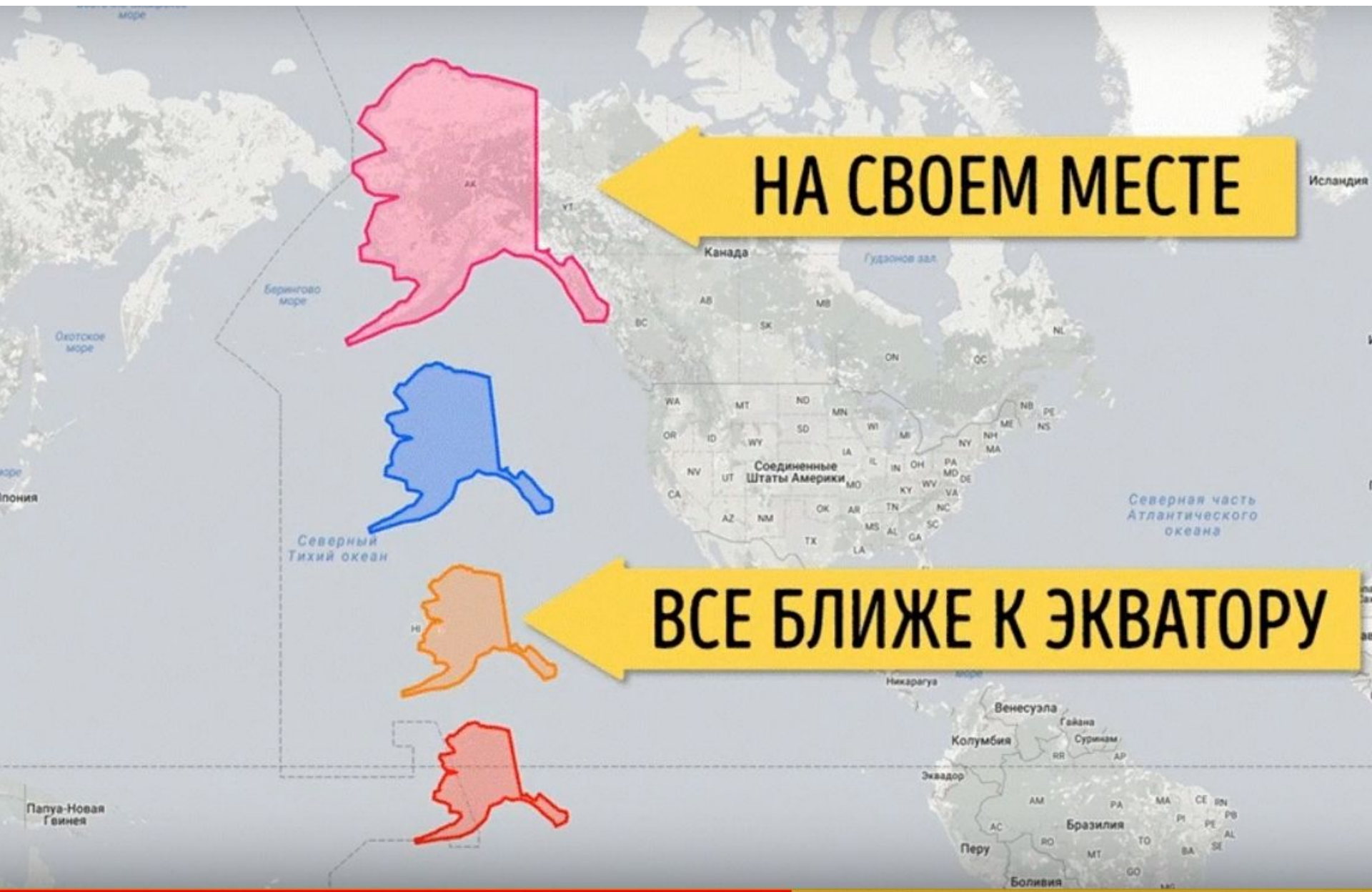
Россия

НА СВОЕМ МЕСТЕ

НА ЭКВАТОРЕ



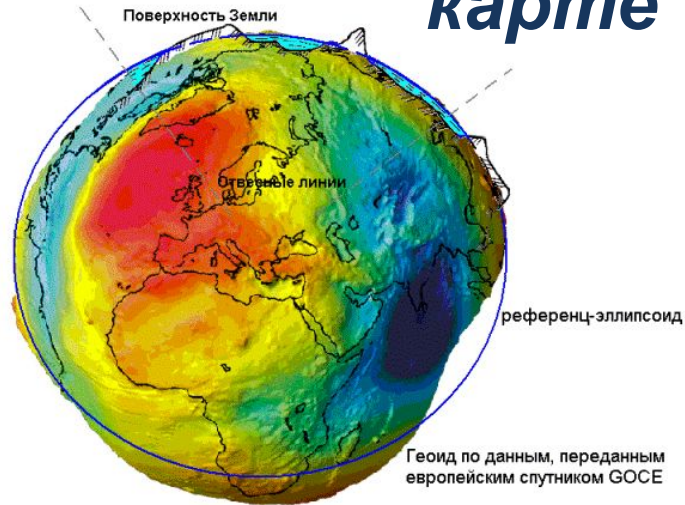
Размеры Аляски при перемещении к экватору



Расположим 6 самых больших стран вдоль экватора теперь они в равных условиях



Переход от поверхности геоида к карте

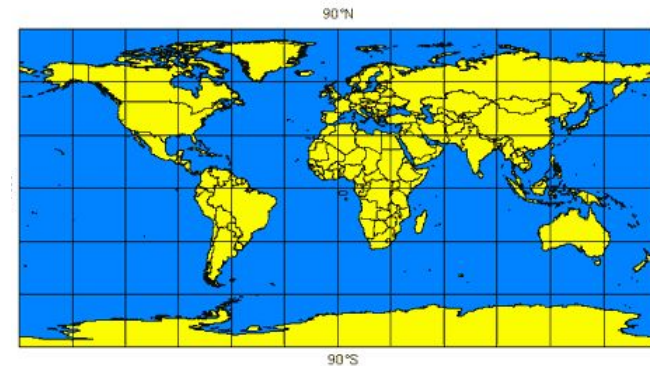


д



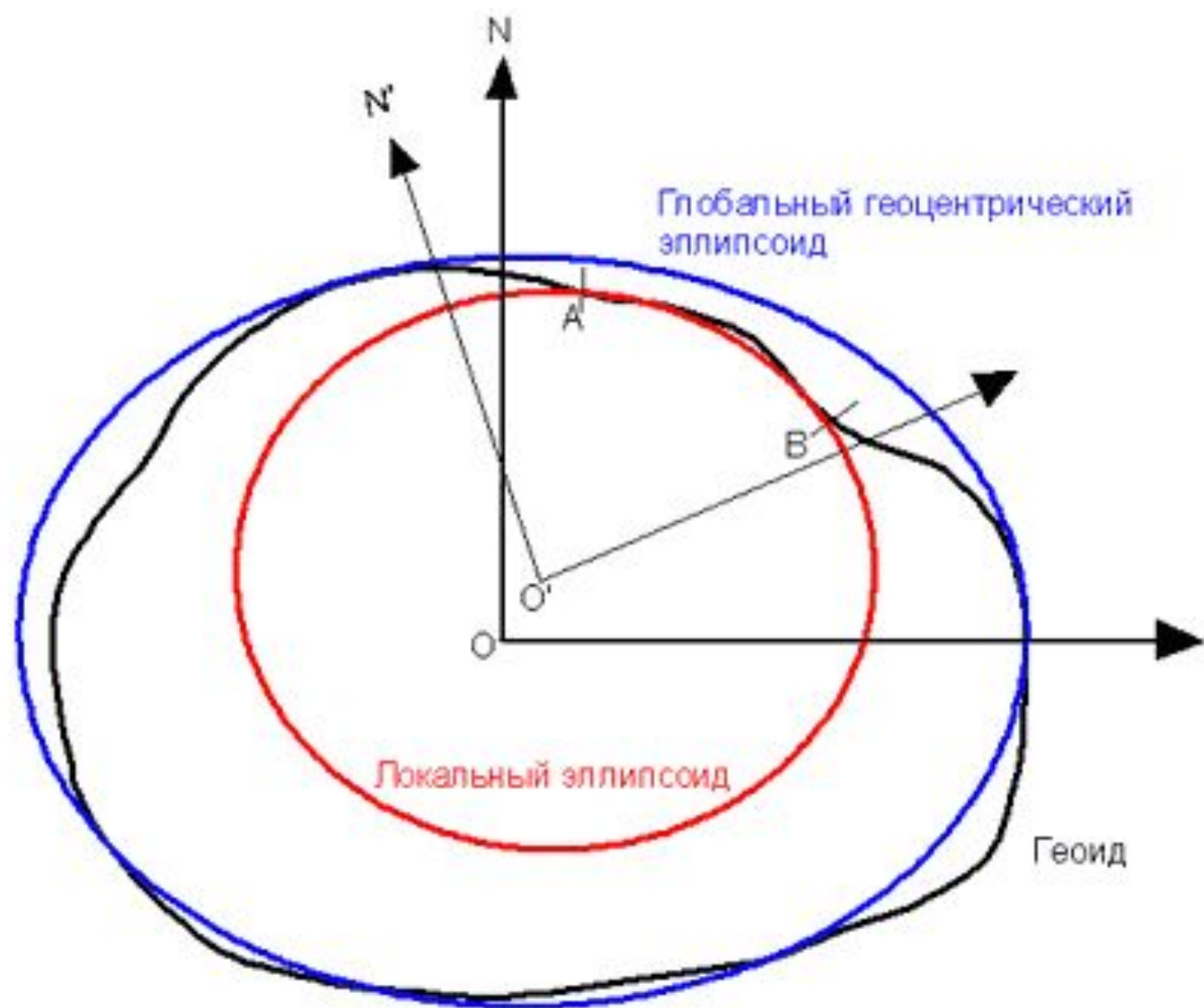
эллипсоид

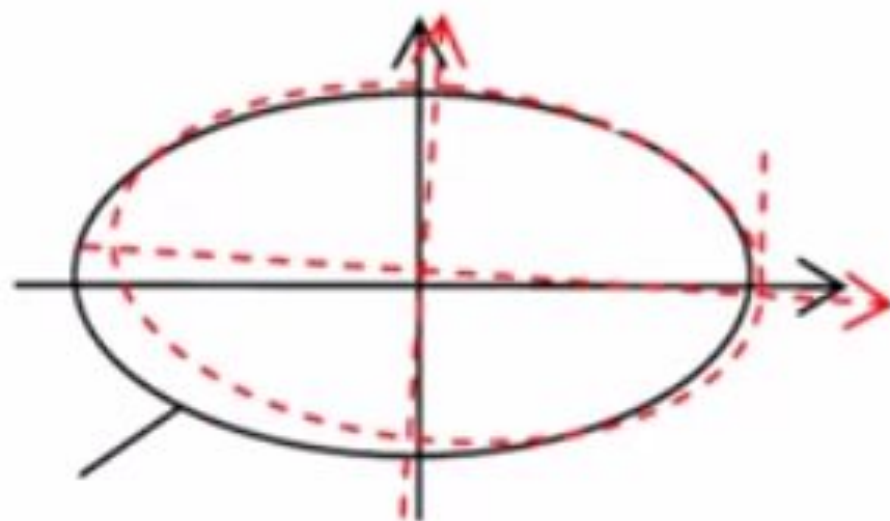
д



карта

а





Поверхность Земли

Учёный	Год	Страна	а, км	1/f
Деламб р	1800	Франци я	6375,65 3	234,0
Бессель	1841	Герман ия	6378,39 7	299,2
Кларк	1886	Великобритан ия	6378,20 6	294,28
Хейфор д	1910	США	6378,38 8	297,0
Красовск ий	1940	СССР	6378,24 5	298,3

Размеры земного референц-эллипсоида **Ф. Н. Красовского** составляют:

большая полуось

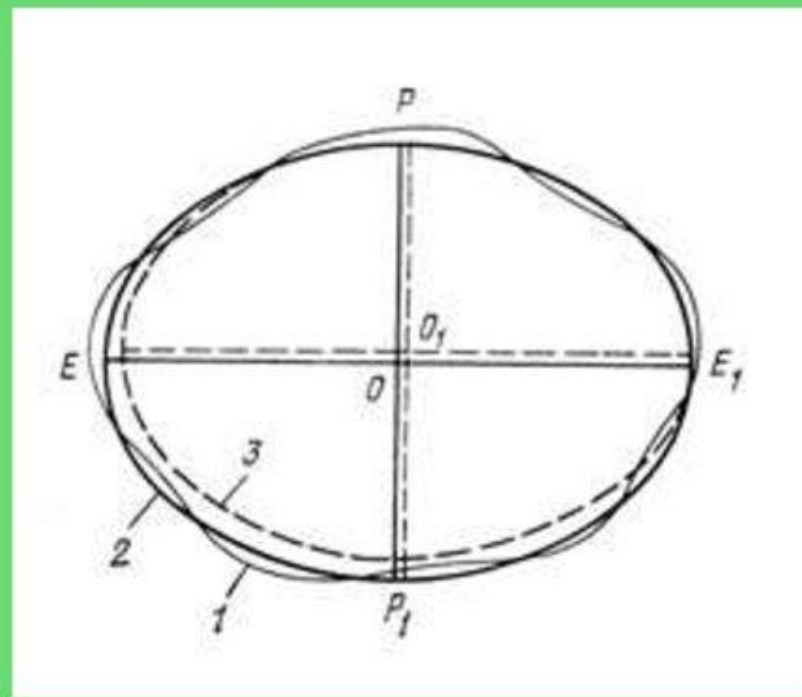
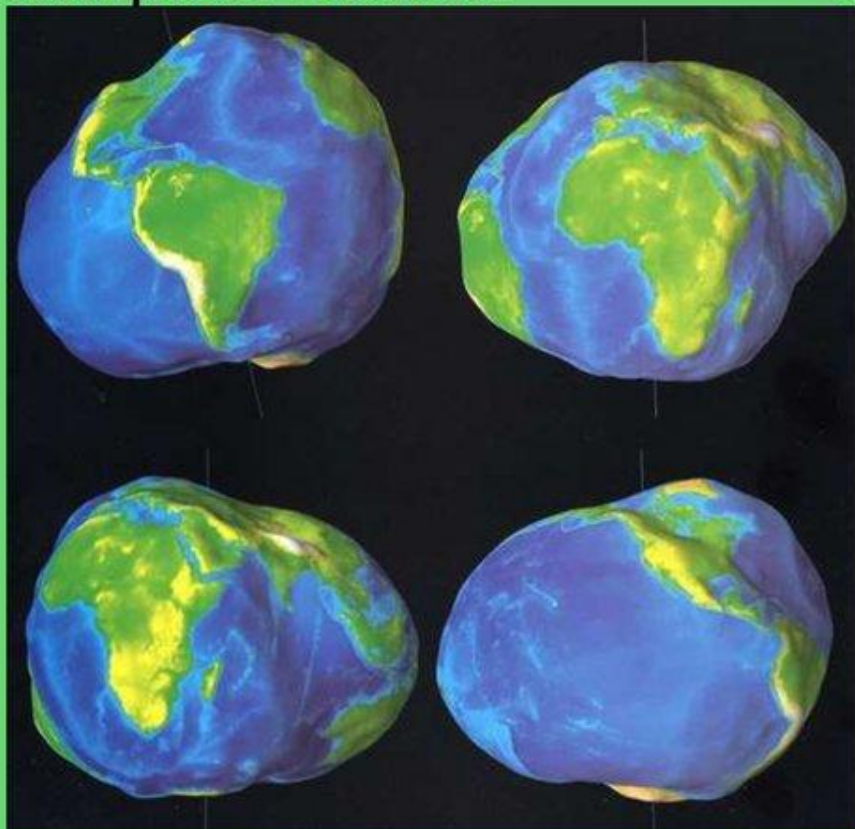
$$a = 6378245 \text{ м,}$$

малая полуось

$$b = 6356863 \text{ м,}$$

полярное сжатие

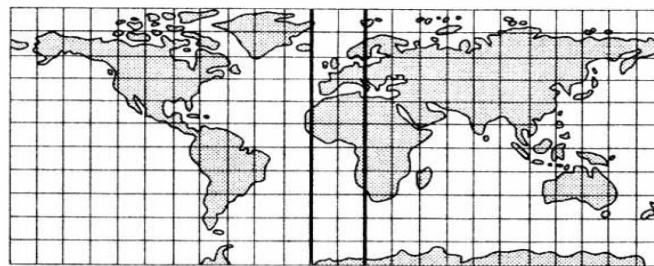
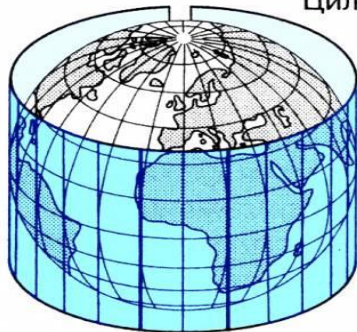
$$a = 1: 298,3$$



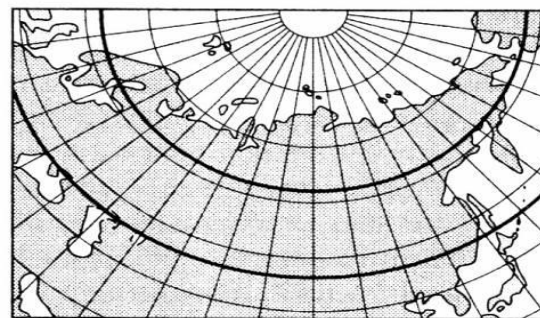
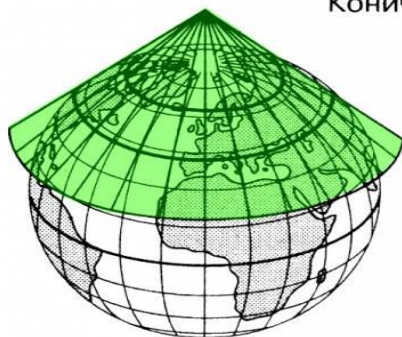
По виду вспомогательной поверхности (поверхности, на которую проецируется земной эллипсоид или шар при его отображении на плоскость) различают проекции:

- Азимутальные (рис. 13), в которых поверхность эллипсоида или шара переносится на касательную к ней или секущую её плоскость.
- Цилиндрические (рис. 14), в которых поверхность эллипсоида или шара переносится на боковую поверхность касательного к ней или секущего её цилиндра, после чего последний разрезается по образующей и разворачивается в плоскость.
- Конические (рис. 15), в которых поверхность эллипсоида или шара переносится на боковую поверхность касательного к ней или секущего её конуса, после чего последний разрезается по образующей и разворачивается в плоскость.

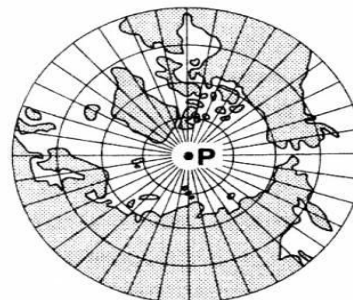
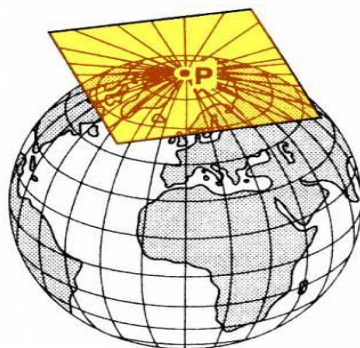
Цилиндрическая



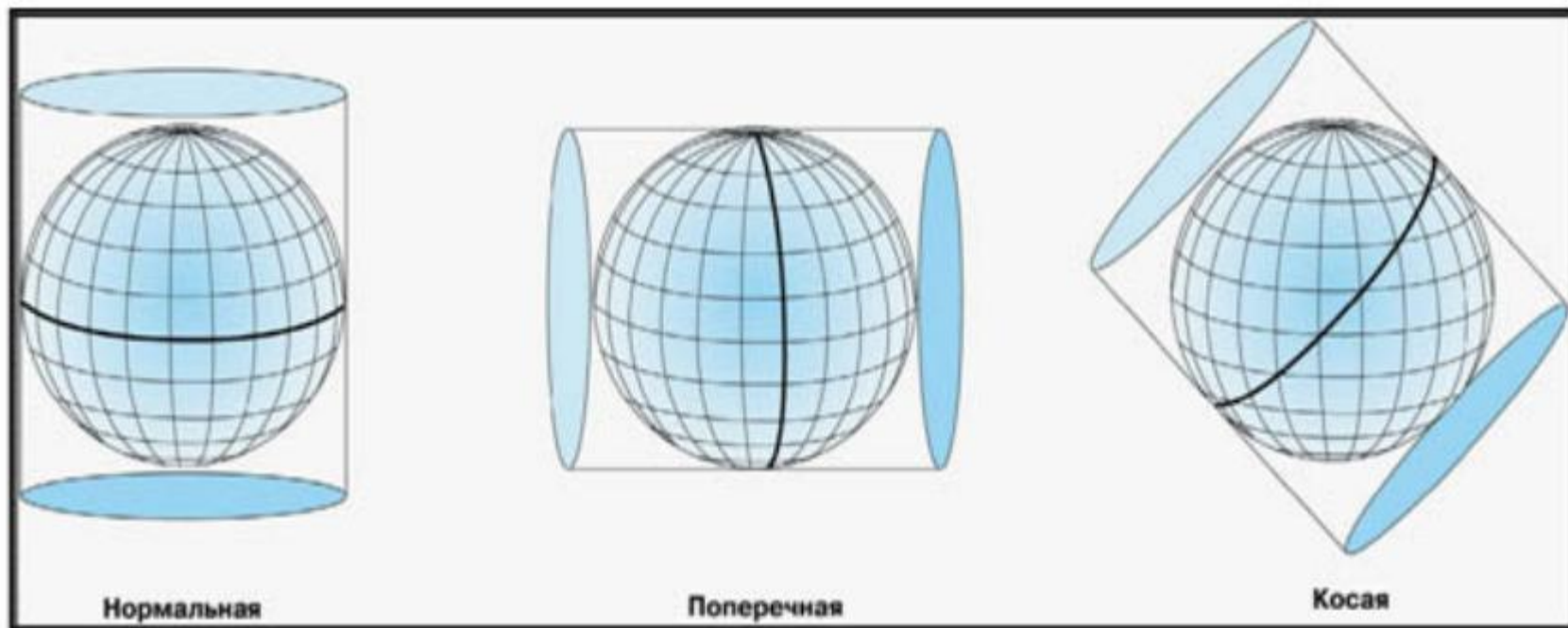
Коническая



Азимутальная



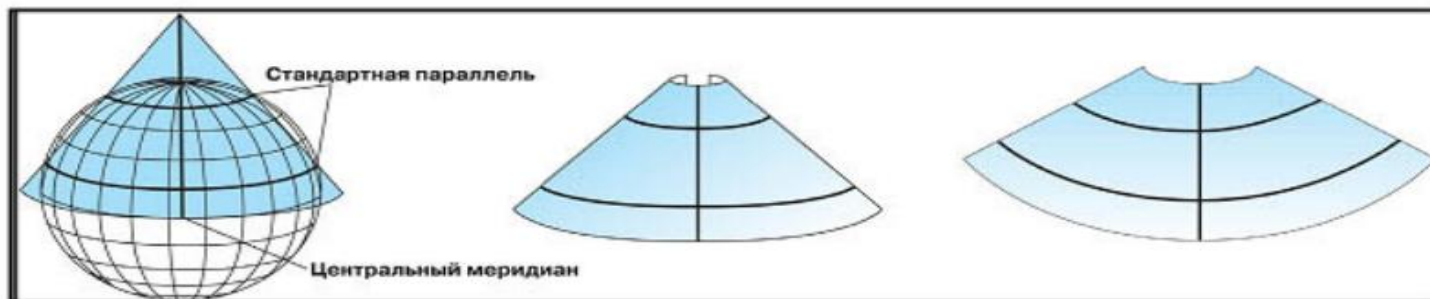
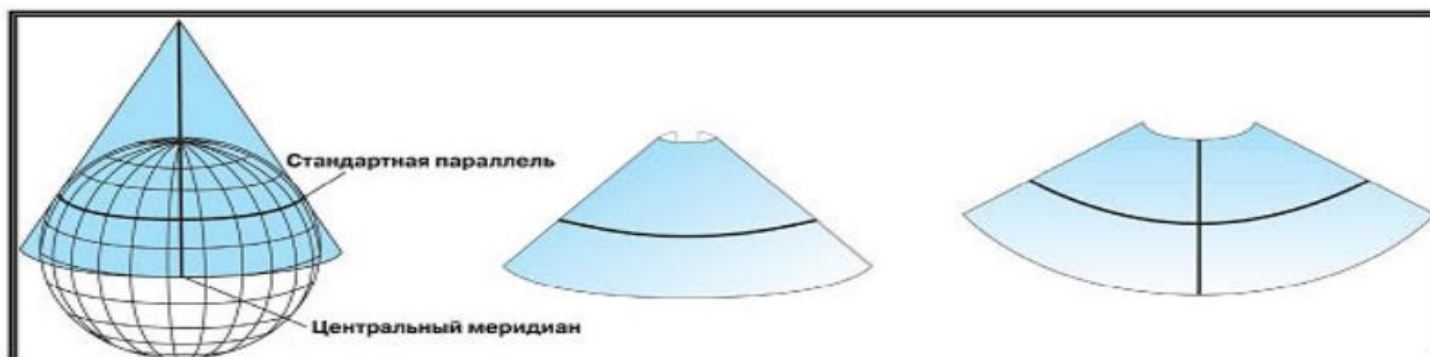
Цилиндрические проекции

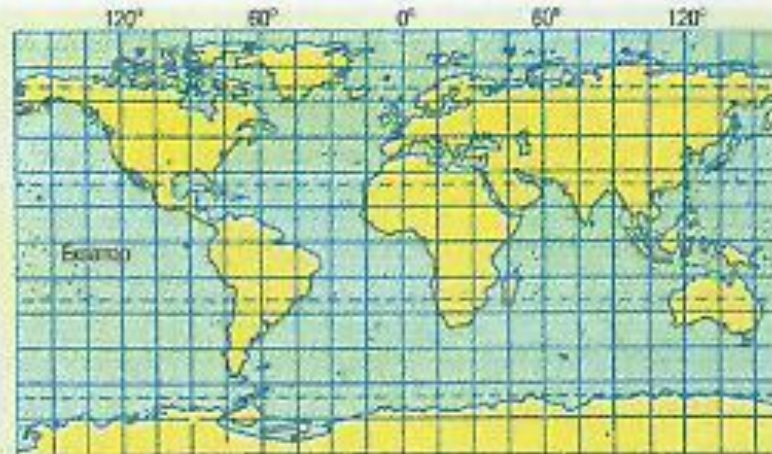
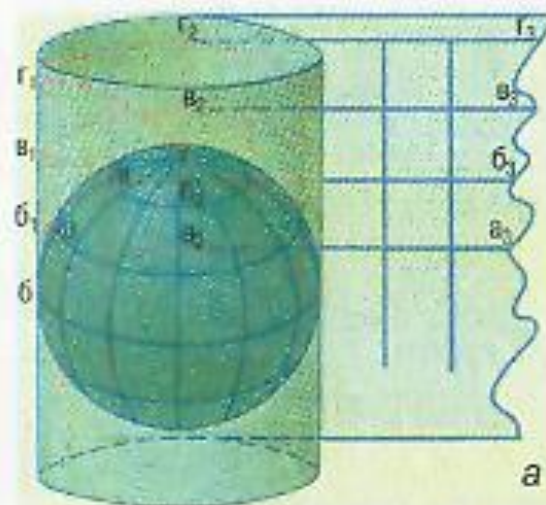


Проекции на плоскость (азимутальные проекции)

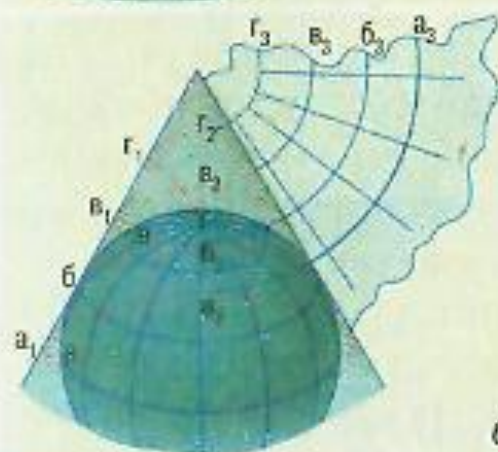


Конические проекции

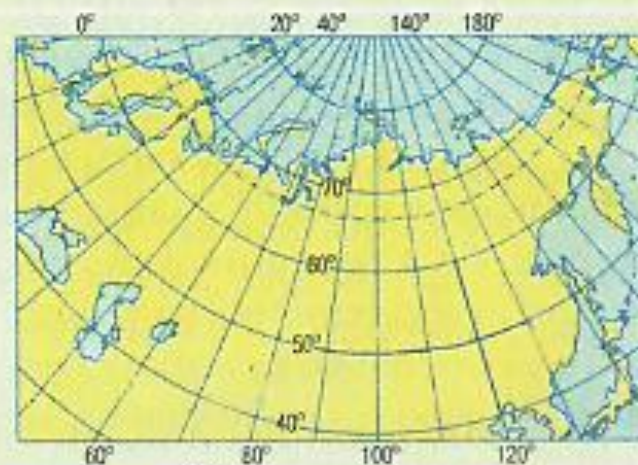




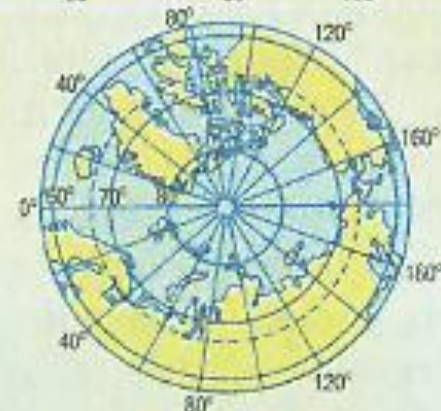
a



б

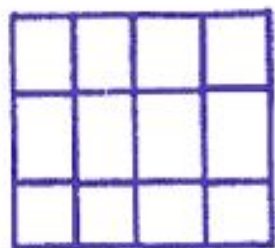


в

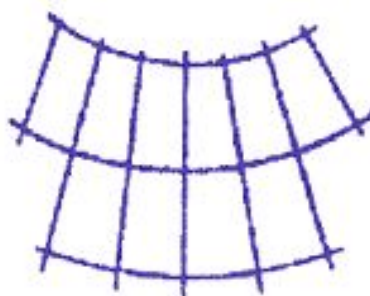


Вид нормальной координатной сетки в
различных проекциях

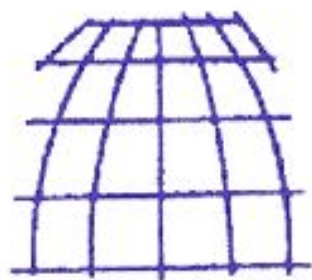
цилиндрическая



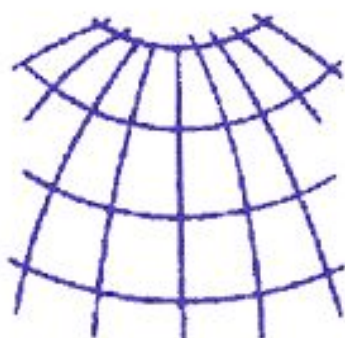
коническая



азимутальная



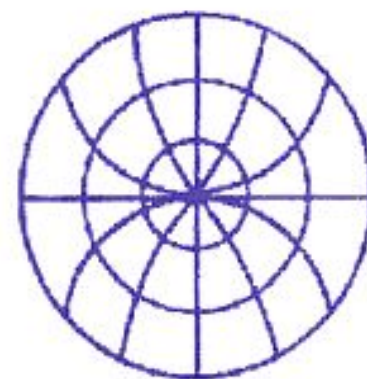
псевдоцилиндрическая



псевдоконическая

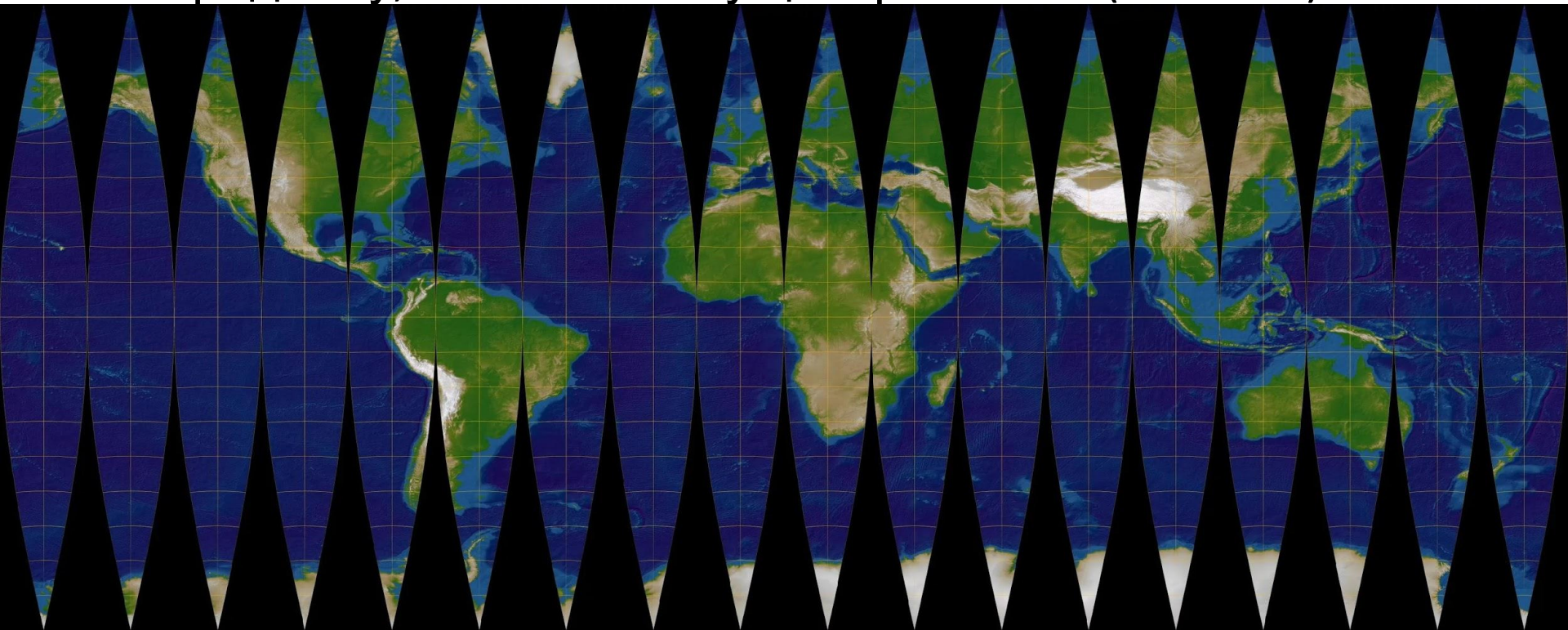


поликоническая

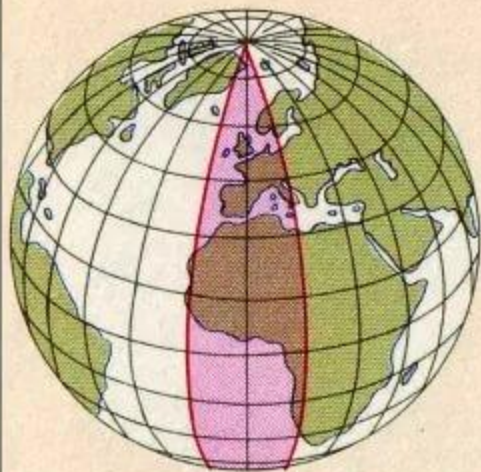


псевдоазимутальная

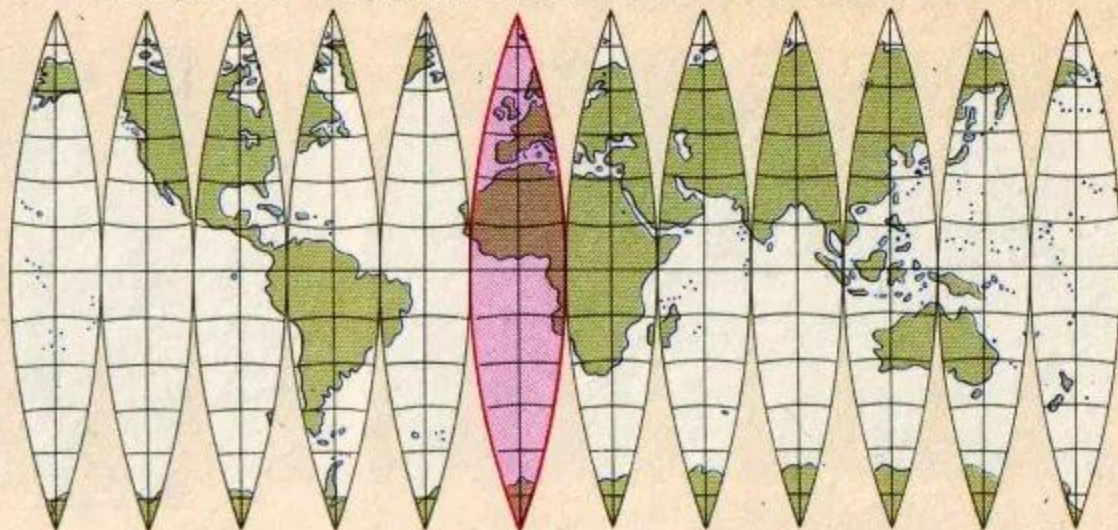
Для топографических карт основной является проекция Гаусса Крюгера — поперечная цилиндрическая равноугольная на касательный цилиндр. В других странах её аналогом является проекция UTM (Universal Transverse Mercator) на секущий цилиндр. Проекция имеет следующую конструкцию. Воображаемый цилиндр, на который происходит проектирование, охватывает земной эллипсоид по меридиану, называемому центральным (осевым)



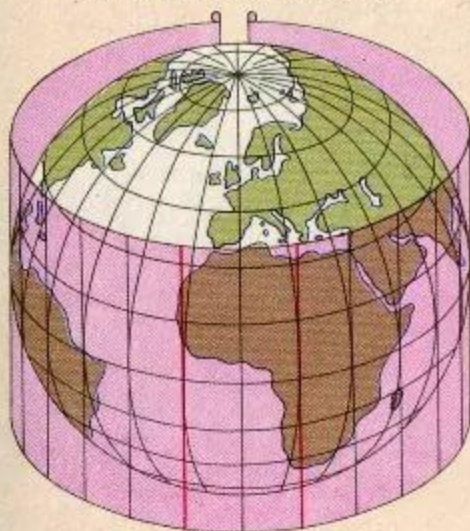
Глобус



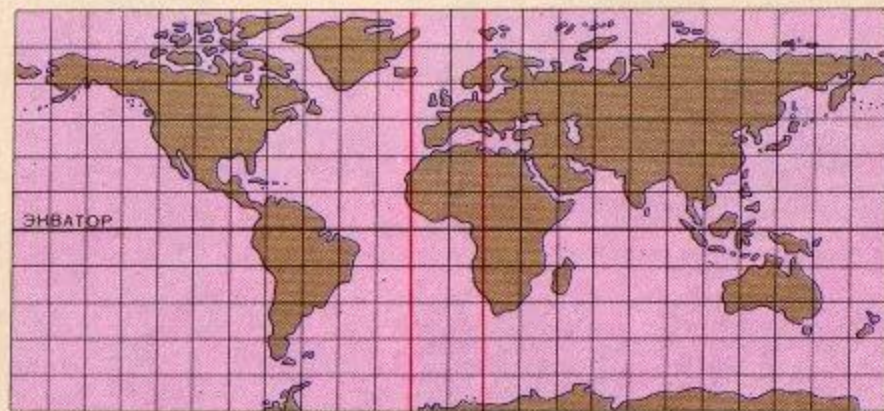
Поверхность глобуса, разрезанная по меридианам на зоны



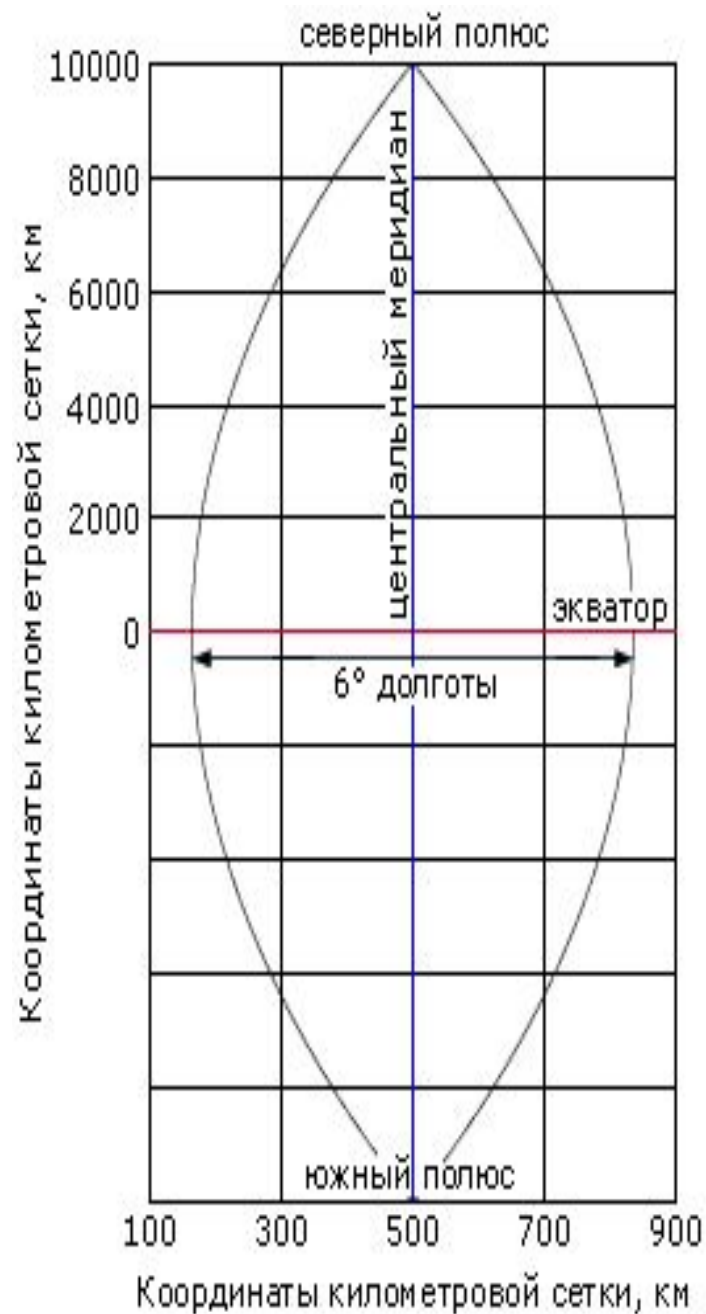
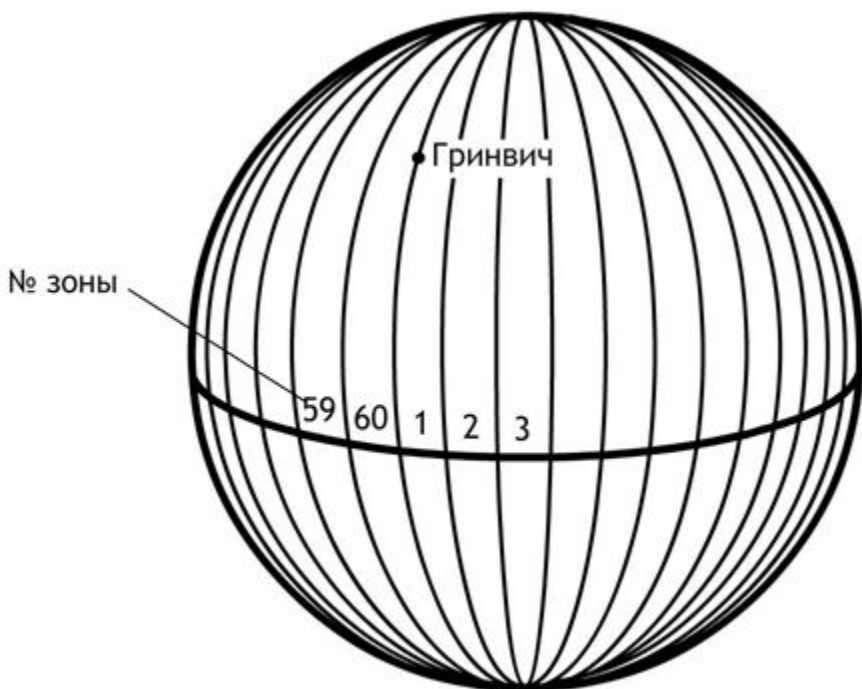
Цилиндрическая проекция



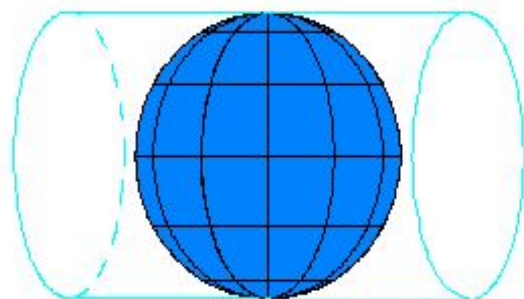
Карта мира, полученная растяжением зон



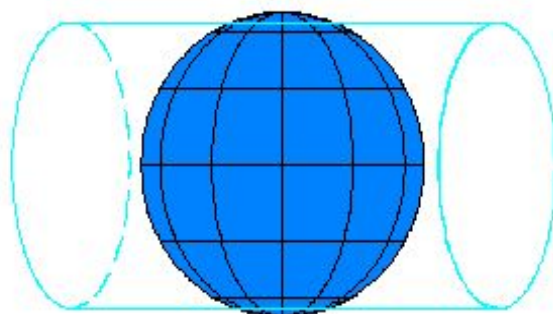
Частные масштабы длин увеличиваются при удалении и северу и югу от экватора



Поперечные цилиндрические проекции



проекция на касательный цилиндр
(Гаусс-Крюгер)



проекция на секущий цилиндр (UTM)

6-ти градусная
зона в проекции
Гаусса-Крюгера



6-ти градусная
зона в проекции
UTM

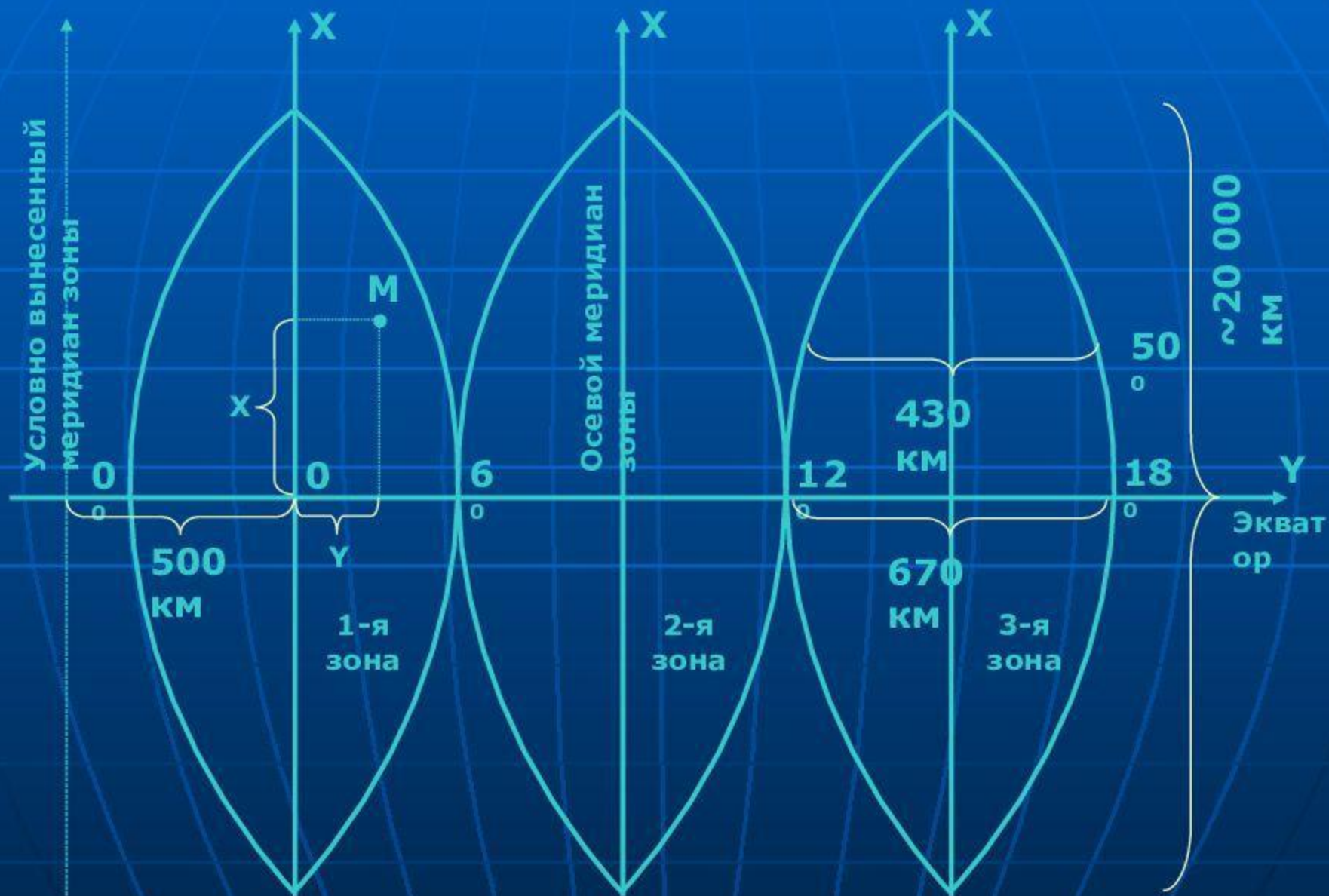


Так как абсциссы отсчитываются от экватора к полюсам, то для территории России, расположенной в северном полушарии, они будут всегда положительными. Ординаты же в каждой зоне могут быть как положительными, так и отрицательными, в зависимости от того, где находится точка относительно осевого меридиана (на западе или востоке).

Чтобы удобно было делать вычисления, необходимо избавиться от отрицательных значений ординат в пределах каждой зоны. Кроме того, расстояние от осевого меридиана зоны до крайнего меридиана в самом широком месте зоны примерно равно 330 км (рис. 2.25). Чтобы делать расчеты, удобнее брать расстояние, равное круглому числу километров. С этой целью ось X условно отнесли к западу на 500 км. Таким образом, за начало координат в зоне принимают точку с координатами $x = 0$, $y = 500$ км. Поэтому ординаты точек, лежащих западнее осевого меридиана зоны, будут иметь значения меньше 500 км, а точек, лежащих восточнее осевого меридиана, – более 500 км.



ПРЯМОУГОЛЬНЫЕ КООРДИНАТЫ

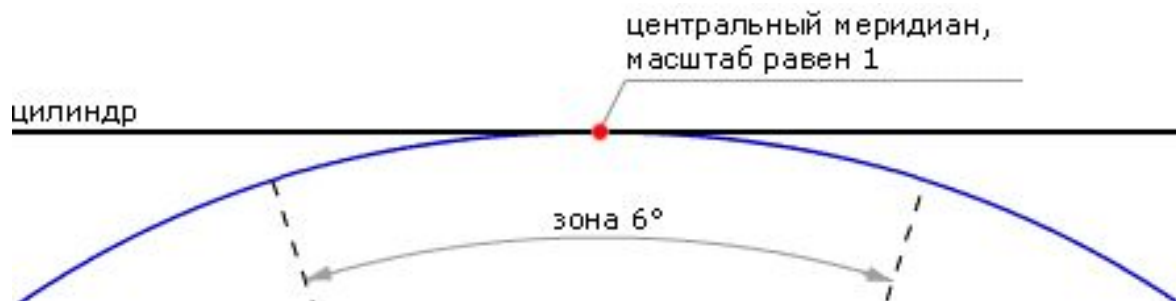


Проекции на плоскость

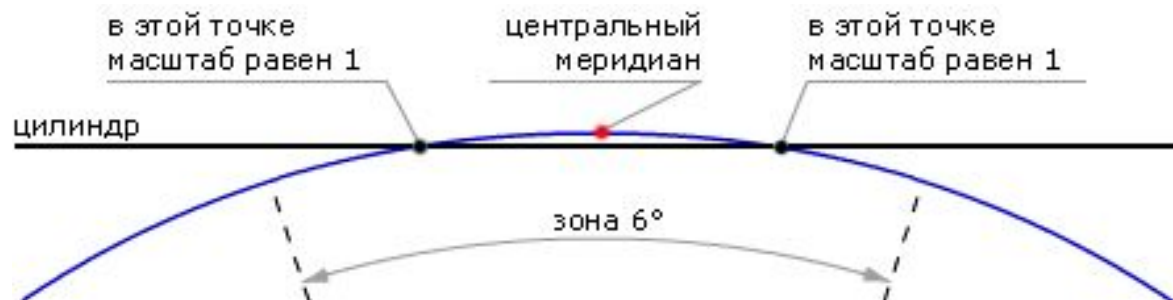
- Гаусса-Крюгера
- Меркатора - Universal Transverse Mercator (UTM)

• **Зона** - это участок земной поверхности, ограниченный двумя меридианами (6^0)

цилиндр касается эллипсоида по экватору



цилиндр касается эллипсоида по меридиану



Приложения

Проекция Гала-Петерса



Проекция Вагнера



Математически определенное построение карт включает два действия для перехода от физической поверхности Земли к ее изображению на плоскости:

- **Первое** состоит в проецировании земной поверхности на математическую поверхность Земли — геоид. Это осуществляется ортогонально, отвесными линиями, перпендикулярными математической поверхности.
- **Второе** действие заключается в изображении поверхности эллипсоида на плоскости.

Применение картографических проекций позволяет получать по картам правильные данные о положении, плановых размерах и форме изображенных объектов.

Географические координаты могут быть получены на основании астрономических наблюдений или геодезических измерений. В первом случае их называют **астрономическими**, во втором - **геодезическими**. При астрономических наблюдениях проектирование точек на поверхность осуществляется отвесными линиями, при геодезических измерениях - нормальными, поэтому величины астрономических и геодезических географических координат несколько отличаются.

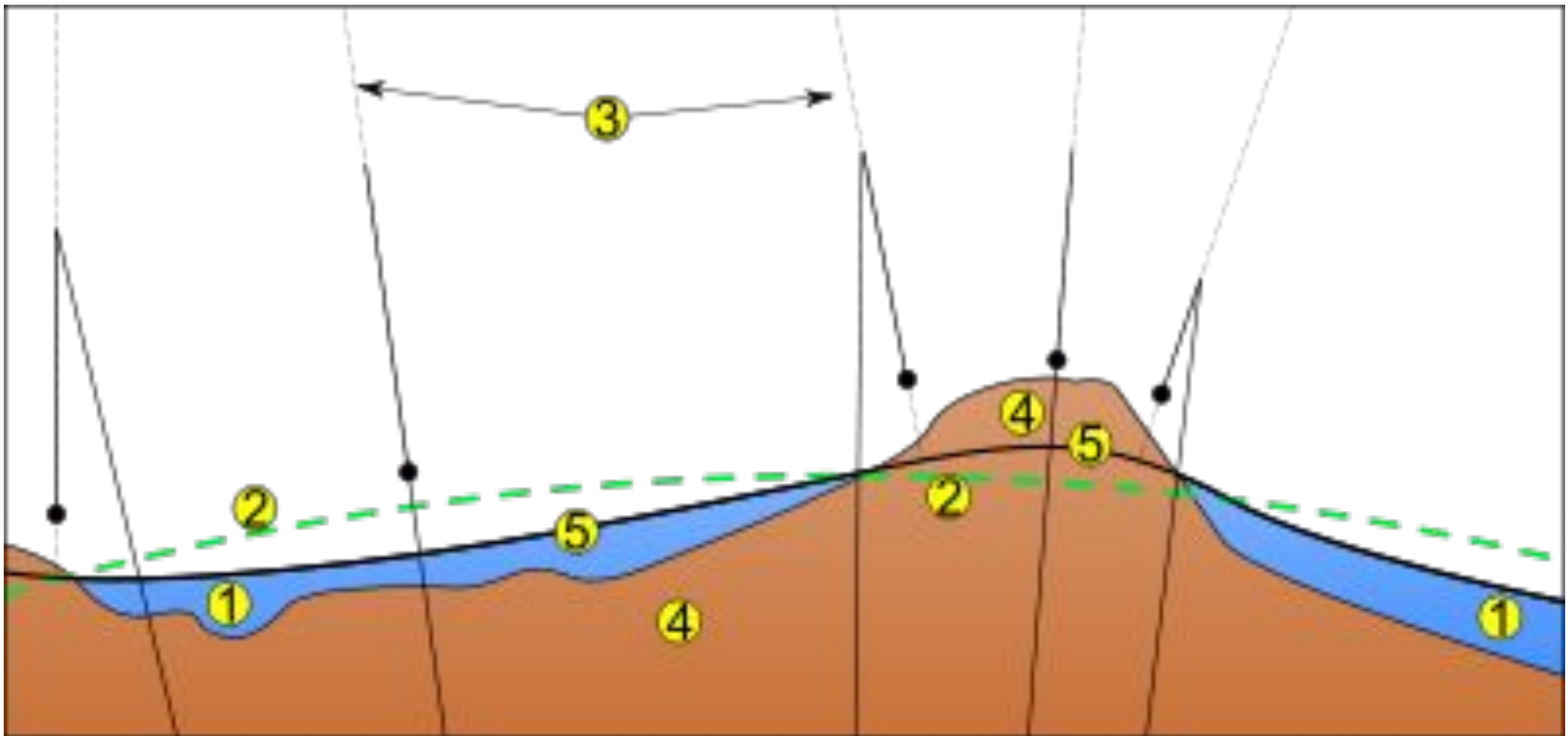
Геодезическая или географическая широта φ " точки наблюдения — это астрономическая широта, в которую внесена поправка за отклонения отвеса

Геодезические координаты относятся к нормали к поверхности эллипсоида, а географические – к отвесной линии, т. е. нормали к уровенной поверхности, или к геоиду. Отвесная линия, нормаль к эллипсоиду и радиус-вектор эллипсоида, проведенные через одну и ту же точку на поверхности эллипсоида, занимают разные положения в пространстве.

Географические координаты (широта и долгота) точек на земной поверхности, определенные по результатам наблюдений небесных светил, называются астрономическими координатами, а по результатам геодезических измерений на местности - геодезическими координатами. При определении астрономических координат точка проектируется отвесной линией на поверхность геоида, а при определении геодезических координат — нормалью на поверхность земного эллипсоида. Вследствие неравномерного распределения массы Земли и отклонения поверхности геоида от поверхности земного эллипсоида отвесная линия в общем случае не совпадает с нормалью. Угол отклонения отвесной линии на большей части территории СССР не превышает 3—4" или в линейной мере около ± 100 м. В отдельных (преимущественно горных) районах отклонение отвесной линии достигает 40".

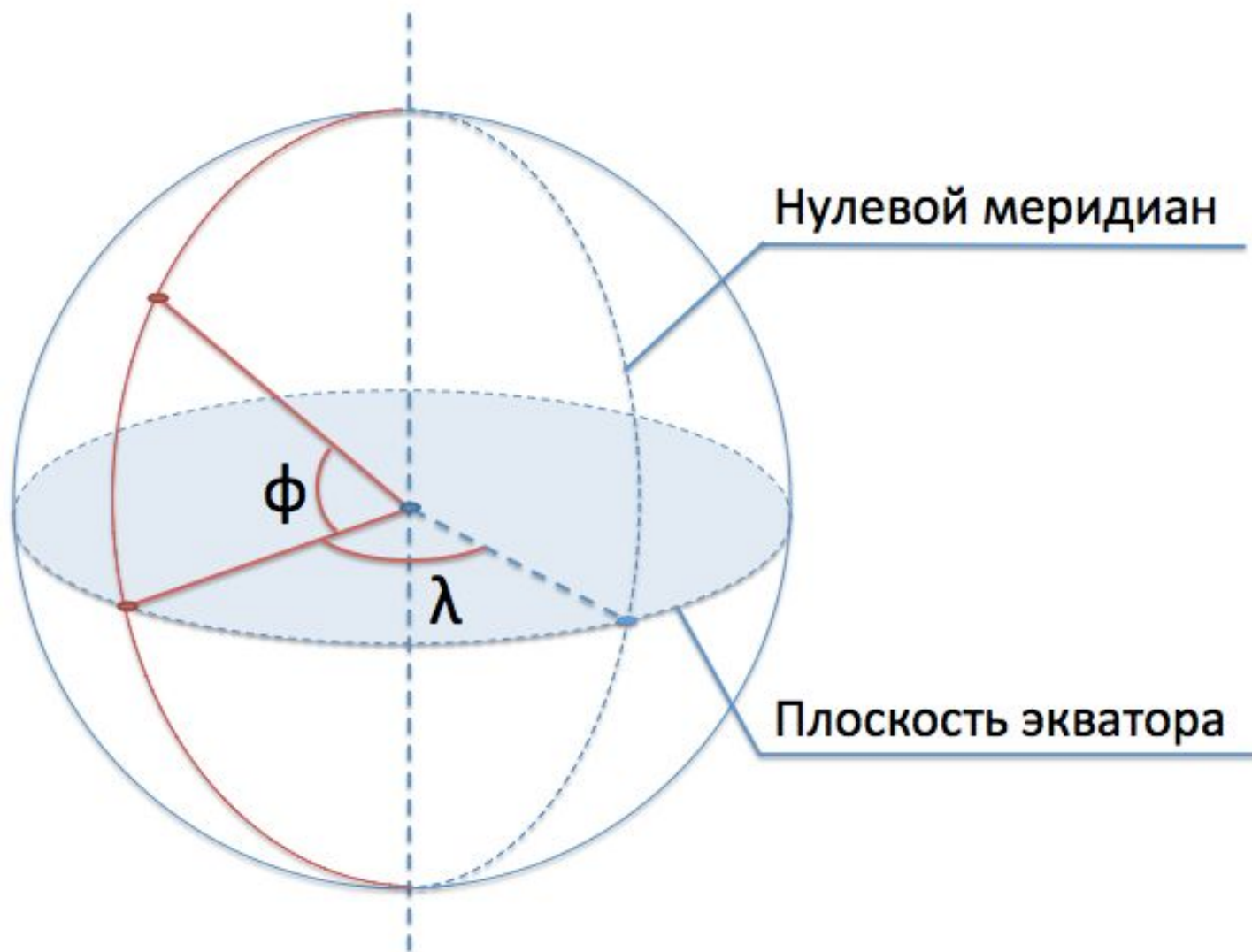
Таким образом, географические координаты - обобщенное понятие об астрономических и геодезических координатах, когда отклонение отвесной линии не учитывается.

Рис. 2.3. Соотношение поверхностей геоида и земного эллипсоида.
1) мировой океан; 2) земной эллипсоид; 3) отвесные линии; 4) тело Земли; 5) геоид



До 1942 г. в нашей стране применялся эллипсоид Бесселя. В 1946 г. размеры земного эллипсоида Красовского были утверждены для геодезических работ на территории Советского Союза и действуют до настоящего времени на территории Украины.

Эллипсоид, который используется данным государством, либо обособленной группой государств, для производства геодезических работ и проектирования на его поверхность точек физической поверхности Земли, называют **референц-эллипсоидом**. Референц-эллипсоид служит вспомогательной математической поверхностью, к которой приводят результаты геодезических измерений на земной поверхности. Наиболее удачная математическая модель Земли для нашей территории в виде референц-эллипсоида была предложена проф. Ф. Н. Красовским. На этом эллипсоиде основана геодезическая система координат Пулково-1942 (СК-42), которая использовалась в Украине для создания топографических карт с 1946 по 2007 год.



Координаты — это величины, определяющие положение любой точки на поверхности или в пространстве относительно принятой системы координат. Система координат устанавливает начальные (исходные) точки, поверхности или линии отсчета необходимых величин — начало отсчета координат, единицы их исчисления. В топографии и геодезии наибольшее применение получили системы географических, прямоугольных и полярных координат.

Система географических координат применяется для определения положения точек Земли на эллипсоиде или шаре. Исходными плоскостями в этой системе являются плоскости начального меридиана и экватора, а координатами — угловые величины: долгота и широта точки.

Из первой темы известно, что меридиан — это линия сечения эллипсоида плоскостью проходящей через данную точку и полярную ось вращения Земли. Параллелью называют линию сечения эллипсоида плоскостью, проходящей через данную точку и перпендикулярную земной оси PP' . Параллель, проходящая через центр эллипсоида, называется экватором.

Географические координаты могут быть получены на основании астрономических наблюдений или геодезических измерений. В первом случае их называют астрономическими, во втором — геодезическими. При астрономических наблюдениях проектирование точек на поверхность осуществляется отвесными линиями, при геодезических измерениях — нормальными, поэтому величины астрономических и геодезических географических координат несколько отличаются. К системам координат, которые наиболее часто применяют в геодезии, относятся геодезическая, астрономическая, сферическая, плоская прямоугольная, полярная и биполярная.

ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ

Геодезическими координатами называются угловые величины (широта и долгота), определяющие положение точек (объектов) на поверхности земного эллипсоида (референц-эллипсоида) относительно плоскости экватора и начального меридиана.

Геодезической широтой (B) называется угол, заключенный между плоскостью экватора и нормалью к поверхности земного эллипсоида, проходящей через данную точку.

Геодезической долготой (L) называется двугранный угол, заключенный между плоскостью начального меридиана и плоскостью геодезического меридиана, проходящего через данную точку.

Астрономические координаты определяют положение точки на поверхности геоида. Их можно получить путем астрономических измерений с помощью геодезических инструментов или путем математической обработки результатов геодезических измерений.

Астрономической широтой (φ) называется угол, заключенный между плоскостью земного экватора и направлением отвесной линии в данной точке.

Астрономической долготой (λ) называется двугранный угол, заключенный между плоскостью начального астрономического меридиана и плоскостью астрономического меридиана, проходящего через данную точку.

Поскольку плоскость астрономического меридиана проходит через отвесную линию в данной точке на поверхности Земли, а плоскость геодезического меридиана проходит через нормаль к поверхности эллипсоида, следовательно, плоскости астрономического и геодезического меридианов не совпадают. В результате этого геодезическая широта, долгота и геодезический азимут в данной точке отличаются от астрономической широты, долготы, и астрономического (истинного) азимута. Эти расхождения будут увеличиваться там, где наблюдаются большие отклонения отвесной линии от нормали, а также в тех точках геоида, где его поверхность дальше удалена от поверхности эллипсоида.

Геодезическая и астрономическая системы координат различаются как две отдельные системы при определении местоположения объектов с точностью до 1" (в линейной величине до 20 – 30 м). Зная астрономические координаты, можно вычислить геодезические координаты путем ввода поправок на отклонение отвесных линий от нормалей, определяемых астрономо-геодезическим методом или по

СФЕРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ

При решении ряда геодезических задач и составлении карт мелких масштабов Землю принимают за сферу. Положение точек местности на сфере определяется сферическими координатами: сферической широтой и сферической долготой.

Сферическими координатами называются угловые величины (широта и долгота), определяющие положение точек местности на поверхности земной сферы относительно плоскости экватора и начального меридиана (рис. 3.2). Сферической широтой (φ) называется угол, заключенный между плоскостью экватора и направлением из центра земной сферы на данную точку.

Сферической долготой (λ) называется двугранный угол, заключенный между плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана, проходящего через данную точку.

Система плоских прямоугольных координат

Исходными направлениями служат две взаимно перпендикулярные линии (рис. 3.7) с началом отсчета в точке их пересечения (О). Прямая ХХ является осью абсцисс, а прямая УУ, перпендикулярная к оси абсцисс, — осью ординат. В такой системе положение любой точки на плоскости определяется кратчайшим расстоянием до нее от осей координат. Так, положение точки А определяется длиной перпендикуляров x_a и y_a . Отрезок x_a называется абсциссой точки А, а y_a — ординатой. Выражаются абсциссы и ординаты в линейной мере (обычно в метрах). В геодезии и топографии принята правая система прямоугольных координат: это отличает ее от левой системы координат, используемой в математике. Четверти системы координат (название которых определяется принятыми обозначениями стран света), нумеруются по ходу часовой стрелки. В такой системе упрощается измерение углов ориентирования.

Абсциссы точек, расположенных вверх от начала координат, считаются положительными, а вниз от нее — отрицательными.

Ординаты точек, расположенных вправо от начала координат, считаются положительными, а влево от нее — отрицательными

Уклонение отвеса θ можно разложить на две составляющие — меридиональную составляющую с положительным направлением отсчета от геодезического зенита к северному полюсу мира и составляющую по дуге первого вертикала с положительным направлением отсчета от геодезического зенита к точке востока (рис. 23).

Уклонение отвеса может быть найдено из гравиметрических измерений как угол между градиентами потенциала Земли (геоида) и потенциала V , соответствующего данному эллипсоиду относимости E (например, нормального потенциала общего земного эллипсоида), которые вычисляются в соответственных точках

Полярная звезда всегда находится на севере, а её высота над горизонтом равна широте точки наблюдения. Если вас угораздит попасть на Северный полюс, Полярная звезда будет у вас точно над головой.

В Южном полушарии всё не так просто. Рядом с южным полюсом мира нет крупных звёзд, и вам придётся найти созвездие Южный Крест, мысленно продлить вниз его бОльшую перекладину и отсчитать 4.5 её длины — где-то в этой области будет находиться южный полюс мира.

По сути, этот прибор остаётся самым надёжным способом определения долготы (не считая GPS/Глонасс) и в наши дни. Этот прибор... (барабанная дробь)... морской хронометр.

В самом деле, при изменении долготы меняется часовой пояс. По разнице локального времени и гринвичского легко определить собственную долготу, причём очень точно. Каждая минута разницы времён соответствует 15 угловым минутам долготы.

Соответственно, если у вас есть часы, настроенные по гринвичскому времени (на самом деле, неважно по какому — достаточно знать часовой пояс того места, по времени которого идут ваши часы) — не спешите их переводить. Дождитесь местного полдня, и разница времён подскажет вам долготу вашего острова. (Определить момент полдня очень легко — следите за тенями. В первой половине дня тени укорачиваются, во второй — удлиняются. Момент, когда начали удлиняться тени — астрономический полдень в данной местности.)

таким образом конкретную точку на геоиде спроецировать на сферу.

Такой набор правил должен быть универсальным для всех географических карт в мире — иначе одни и те же координаты будут в разных системах обозначать разные точки земной поверхности. В настоящий момент практически все географические сервисы используют единую систему присвоения точке координат — WGS 84 (WGS = World Geodetic System, 84 — год принятия стандарта).

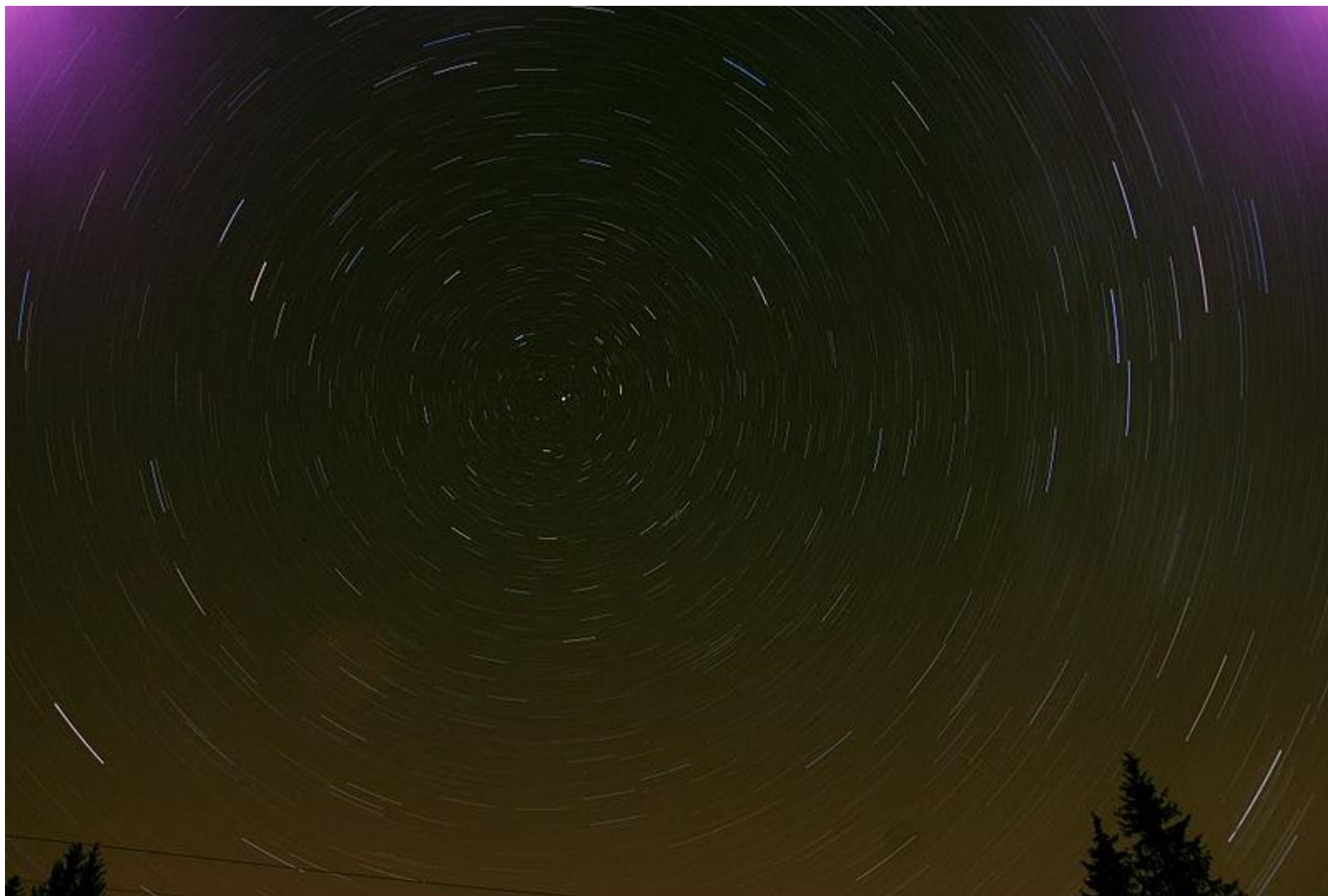
WGS 84 определяет т.н. референсный эллипсоид — поверхность, к которой приводятся координаты для удобства вычислений. Параметры этого эллипсоида следующие:

- большая полуось (экваториальный радиус): $a = 6378137$ метров;
- сжатие: $f = 1 / 298.257223563$.

Из экваториального радиуса и сжатия можно получить полярный радиус, он же малая полуось ($b = a * (1 - f) \approx 6356752$ метра).

Любой точке земной поверхности, таким образом, ставится в соответствие три координаты: долгота и широта (на референсном эллипсоиде) и высота над его поверхностью. В 2004 году WGS 84 был дополнен стандартом Earth Gravitational Model (EGM96), который уточняет уровень моря, от которого отсчитываются высоты.

Интересно, что нулевой меридиан в WGS 84 вовсе не гринвичский (проходящий через ось пассивного инструмента Гринвичской обсерватории), а т.н. IERS Reference



Учитывая, что поверхность Мирового океана составляет примерно $\frac{3}{4}$ общей поверхности Земли, то, говоря о форме Земли, имеют в виду не ее физическую поверхность со всеми неровностями (горы, возвышенности, овраги, ущелья и т. д.), а поверхность, совпадающую со средним уровнем вод Мирового океана, находящегося в спокойном состоянии. В геодезии и картографии эта поверхность называется геоидом. Геоид – это уровенная поверхность морей и океанов в спокойном состоянии, мысленно продолженная под материи.

Такое название для фигуры Земли дал в 1873 г. немецкий ученый И. Листинг.

Эллипсоид вращения – тело, образованное вращением эллипса вокруг его малой оси.

Общий земной эллипсоид по объему равен геоиду, центр его совпадает с центром тяжести

Земли, плоскость его экватора совпадает с плоскостью экватора Земли.

Размеры земного

эллипсоида вычисляются по данным геодезических, астрономических, гравиметрических из-

мерений. Во многих странах ученые работали над определением параметров земного эллип-

соида. Поэтому в разных странах значения эллипсоидов не совпадают между собой так как

ученые использовали различные исходные данные.

Наиболее точные размеры земного эллипсоида, подтвержденные космическими иссле-

дованиями, были получены в 1940 г. группой ученых, работавших под руководством члена-

корреспондента АН СССР, профессора Ф.Н. Красовского. В 1946 г. постановлением прави-

тельства эти размеры были приняты в СССР, а эллипсоиду присвоено имя Красовского. Из

наблюдений искусственного спутника Земли было получено точное значение

Системы координат б. СССР

- СК-42 (1942 г.)
 - система координат, основанная на эллипсоиде Красовского. принята в 1942 г в СССР для геодезических и картографических работ для гражданского использования
- СК-95
 - Современная система координат, с 2000 г.
- СК-63
 - Система координат военного назначения
 - ГОСТ Р 51794-2001

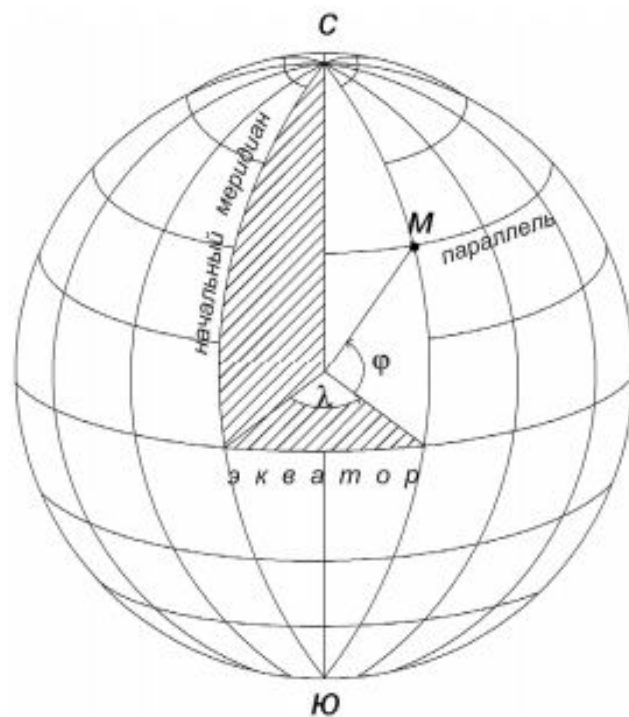


Рис. 2.3. Географические координаты:
 φ – широта; λ – долгота

- Картографическая проекция – переход с поверхности эллипсоида на плоскость, уста-

навливающий зависимость (соответствие) между географическими координатами точек

земного эллипсоида и прямоугольными координатами тех же точек на плоскости.