

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет
(СибАДИ)»

Институт «Информационные системы, экономика и управление»
Кафедра «Цифровые технологии»

ЛЕКЦИЯ №5
Понятие и виды систем координат

Старший преподаватель
Отс Дарья Анатольевна

Омск, 2024

ПОДРОБНЕЕ О СИСТЕМАХ КООРДИНАТ

С помощью систем координат (СК) каждое место на Земле может быть описано набором из трех цифр, называемых координатами.

Их принято делить на **системы географических координат** и **системы проекционных координат** (также называются **картезианскими**, или **прямоугольными**).

СИСТЕМЫ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ

Системы географических координат основаны на **широте** и **долготе**, а также дополнительном значении высоты для описания местоположений на Земле.

Самая популярная в наше время называется **WGS 84** (англ. World Geodetic System 1984). Это всемирная система геодезических параметров Земли 1984 года, в число которых входит система геоцентрических координат. В отличие от локальных систем, является единой системой для всей планеты.

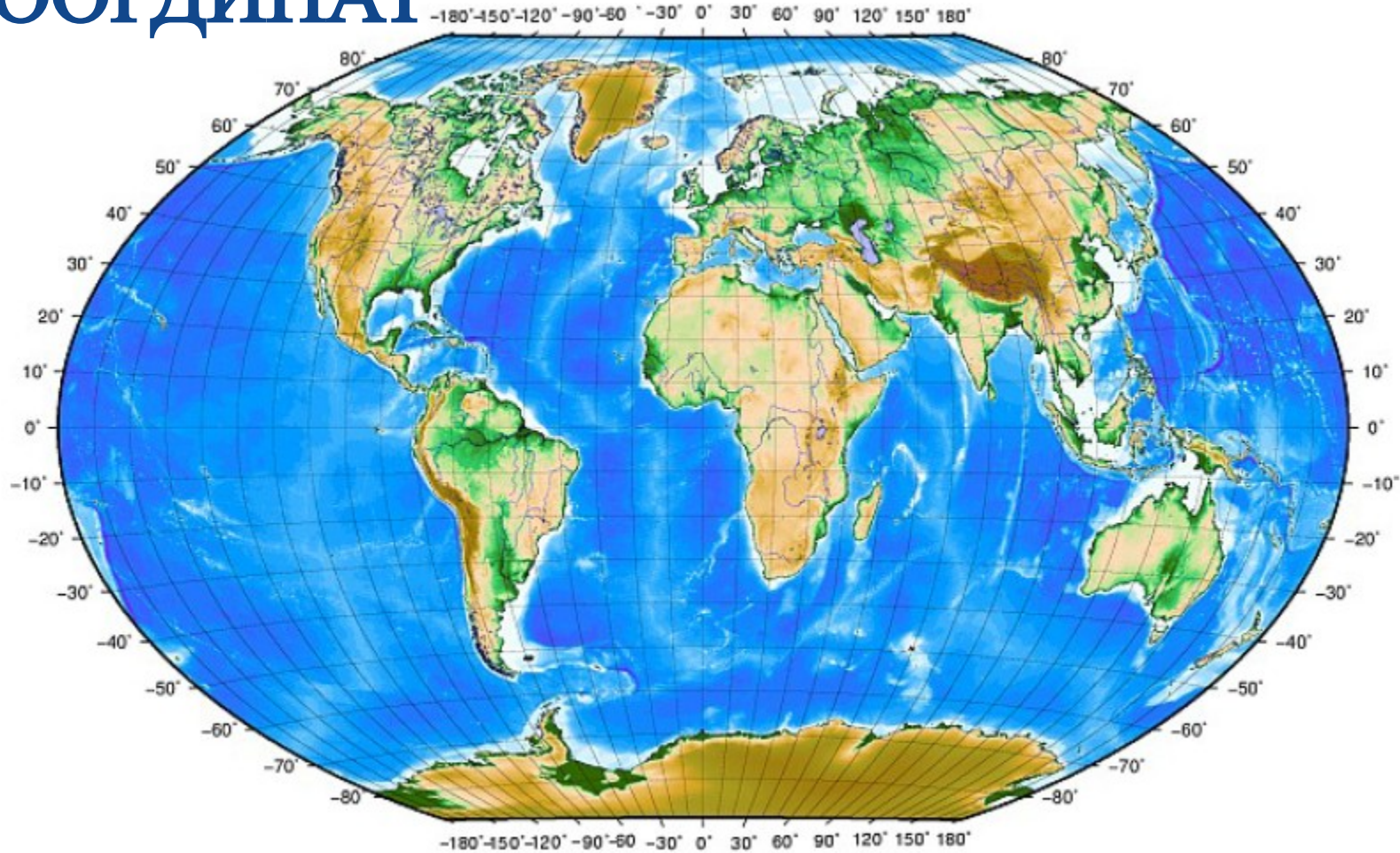
ЛИНИИ ШИРОТЫ

Линии широты (параллели) идут параллельно экватору и разделяют Землю на 180 равных частей с севера на юг. Точкой отсчета широты является экватор, и каждое **полушарие** разделено на девяносто частей, каждая из которых представляет собой один градус широты. Градусы широты измеряются от 0 на экваторе до 90 на полюсах (Северный полюс располагается на 90° северной широты, Южный полюс – на 90° южной широты). Для упрощения математического представления, градусы широты в Южном полушарии представляют со минусовым знаком (от 0 до -90°). В любой точке Земли расстояние между параллелями одинаково – 60 морских миль

ЛИНИИ ДОЛГОТЫ

Линии долготы (меридианы), с другой стороны, не являются регулярными. Они пересекают экватор под прямым углом, а потом сходятся на полюсах. Линия нулевой долготы (нулевой меридиан) идет от Северного полюса к Южному полюсу через Гринвич, Англия. Долгота измеряется от 0 до 180 градусов к западу или востоку от нулевого меридиана. Стоит заметить, что в ГИС-приложениях значения к западу от нулевого меридиана имеют негативные значения

СИСТЕМА ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ



*Система географических координат,
состоящая из параллелей и меридианов*

На экваторе, и только на экваторе, расстояние между соседними меридианами, равно расстоянию между соседними параллелями. По мере приближения к полюсам, расстояние между меридианами уменьшается до тех пор, пока все 360 градусов долготы не сойдутся в одной-единственной точке полюса. Используя систему географических координат, мы имеем сетку линий, разделяющую Землю на фигуры, покрывающие примерно 12363.365 кв. км на экваторе... хорошее начало, но не очень полезное для точного определения местоположения.

Чтобы быть по-настоящему полезной, градусная сетка делится на более мелкие участки, которые способны определить местоположение объекта с допустимым уровнем точности. Для этого градусы разделены на **минуты** (') и **секунды** ("). В градусе 60 минут, в минуте 60 секунд, соответственно в градусе 3600 секунд. Значит, на экваторе одна секунда широты или долготы примерно равна 30.87624 м

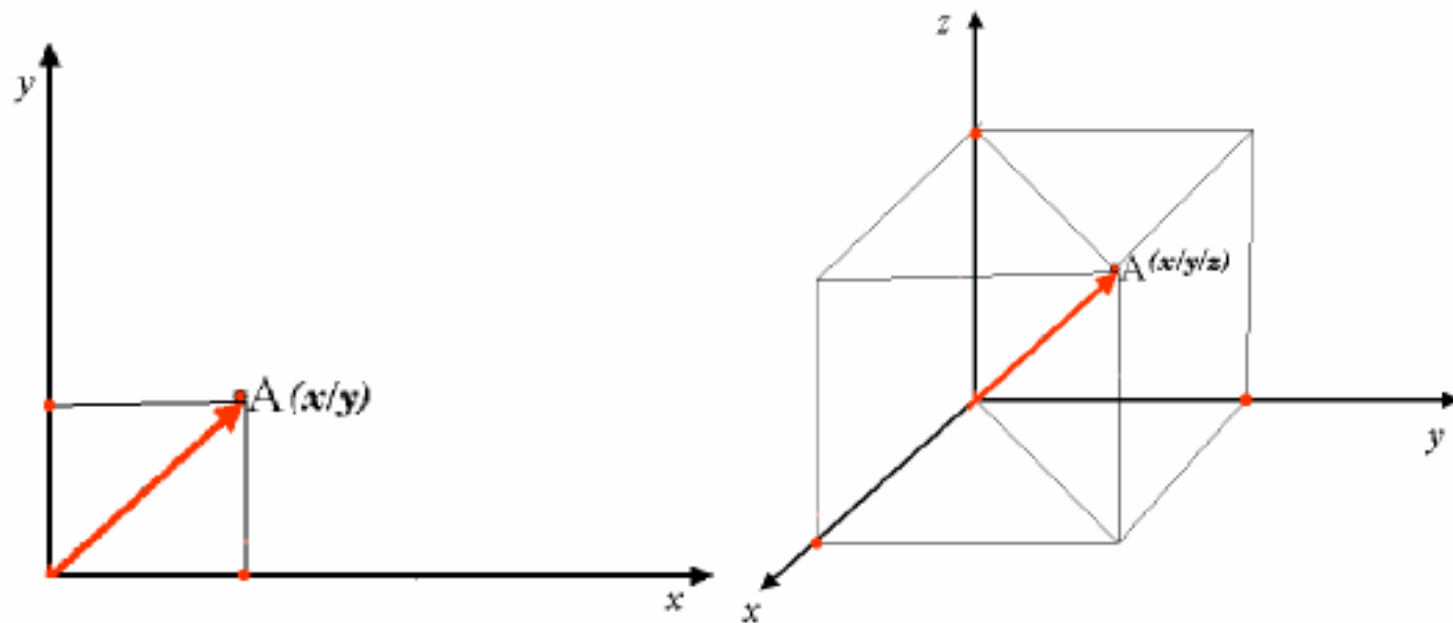
СИСТЕМЫ ПРОЕКЦИОННЫХ КООРДИНАТ

Двумерная координатная система обычно определяется двумя осями. Располагаясь под прямым углом друг к другу, они формируют так называемую XY-плоскость. Горизонтальная ось обычно подписывается как X, вертикальная – как Y.

В случае трехмерной системы координат добавляется третья ось Z. Она также располагается под прямым углом к двум первым осям.

Система проекционных координат в Южном полушарии (к югу от экватора) берет отсчет на экваторе от определенной **долготы**. Это значит, что значения Y повышаются на юг, а значения X растут в сторону запада. В Северном полушарии (к северу от экватора) проекционная СК также берет начало от экватора на определенной долготе. При этом значения Y растут в сторону севера, а значения X увеличиваются на восток.

СИСТЕМА ПРОЕКЦИОННЫХ КООРДИНАТ



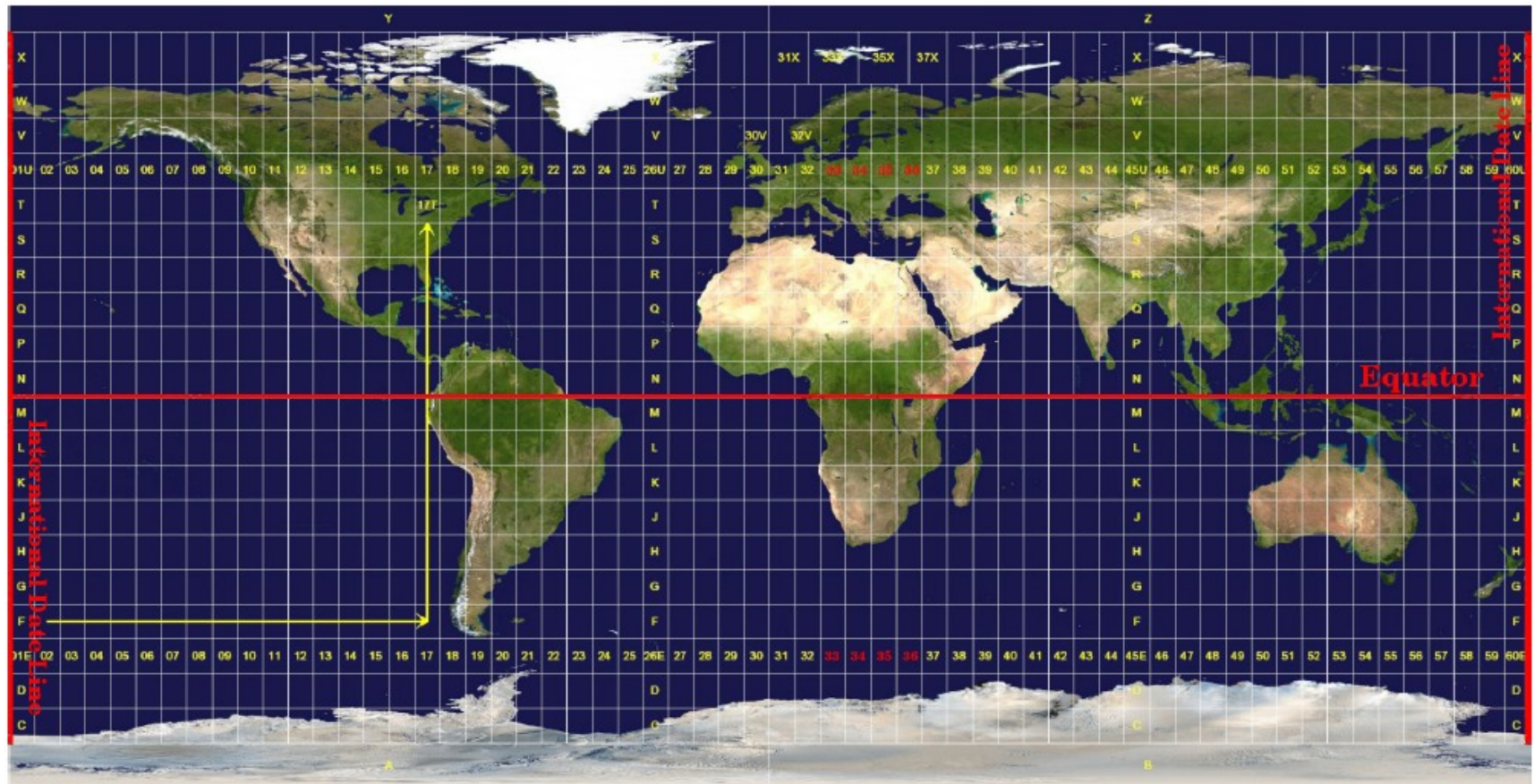
*Двумерная система
с координатами X и Y (слева) и трехмерная система
с координатами X , Y и Z (справа).*

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ПОПЕРЕЧНАЯ ПРОЕКЦИЯ МЕРКАТОРА (UTM)

Точка отсчета системы координат UTM находится на экваторе на определенной долготе. Значения Y повышаются на юг, а значения X растут в сторону запада. UTM является глобальной картографической проекцией. Это означает, что она используется по всему миру. Но, как описано выше, с увеличением площади использования растет степень искажения геометрических параметров. Для того, чтобы избежать повышения искажений, Землю поделили на **60 одинаковых зон**, каждая из которых занимает **6 градусов долготы**. Зоны UTM пронумерованы от 1 до 60, и номера растут с запада на восток. Нумерация начинается от **линии перемены дат** (зона 1 находится на 180 градусах Западной долготы) и увеличивается на восток (зона 60 примыкает к 180 градусами Восточной долготы).

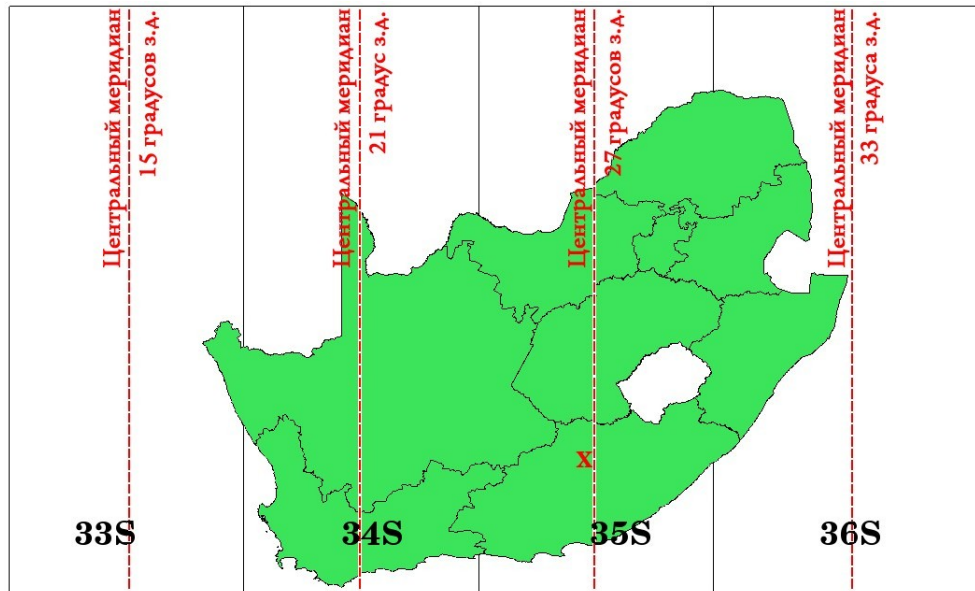
Буква S после зоны означает положение **к югу от экватора**.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ПОПЕРЕЧНАЯ ПРОЕКЦИЯ МЕРКАТОРА (UTM)



*Зоны Универсальной Поперечной Проекции Меркатора.
Для Южной Африки используются зоны 33S, 34S, 35S и 36S*

ПРИМЕР РАБОТЫ С UTM



Зоны 33S, 34S, 35S и 36S, используемые для высокоточного проецирования территории ЮАР, и их центральные меридианы. Красным крестом помечена область интереса.

Как вы можете видеть, область находится в **зоне 35S**. Это означает: для того, чтобы минимизировать искажения и получить корректный результат, нужно использовать **UTM**, **зону 35S** в качестве системы координат. Позиция координаты в системе UTM к югу от экватора описывается **номером зоны (35)** и **северным (y)** и **восточным (x) смещением**. Северное смещение – это расстояние от экватора в метрах. Восточное смещение – это расстояние от **центрального меридиана** используемой зоны UTM. Для зоны 35S центральный меридиан проходит по линии **27° в.д.**, как показано на Рисунке 71. Кроме того, в UTM используются только положительные значения, потому что ко всем значениям **y прибавляют 10 000 000 м**, а ко всем значениям **x прибавляют 500 000 м**. Это может показаться трудным, поэтому мы проиллюстрируем на примере, как найти правильную координату для области интереса в системе **UTM 35S**.

Северное смещение (y)

Если интересующее нас место находится в 3 550 000 метрах к югу от экватора, северное смещение приобретает **негативное значение** и равняется -3 550 000 м. В соответствии с правилами UTM, нам необходимо прибавить **ложное смещение** на 10 000 000 м. Соответственно, значение северного смещения для координаты будет 6 450 000 м ($-3\,550\,000\text{ м} + 10\,000\,000\text{ м}$).

Восточное смещение (x)

Сначала нам необходимо найти центральный меридиан зоны UTM 35S. Как можно видеть из Рисунка 71, он находится на 27° в.д. Интересующее нас место находится в 85 000 метрах к западу от центрального меридиана, поэтому значение приобретает отрицательный знак, в результате получается -85 000 м. По правилам UTM мы добавляем ложное смещение на восток в 500 000 м. Значит, восточное смещение (x) для нашей координаты равно 415 000 м (т. е. $-85\,000 + 500\,000\text{ м}$).

В результате, координата для нашей **точки интереса (POI)**, проецированная в системе **UTM 35S**, будет записываться как **35 415000 mE / 6450000mN**. В некоторых ГИС, когда определена правильная зона и единицы измерения карты установлены на метры, координаты могут отображаться просто как **415000; 6450000**.

ПРОЕКЦИЯ «НА ЛЕТУ»

Как Вы могли уже подумать, довольно распространены ситуации, когда данные, которые Вы хотите использовать в ГИС, находятся в разных системах координат. Например, у Вас может быть векторный слой границ в проекции UTM 35S и точечный слой с метеорологической информацией, записанный в географической системе WGS84. Если открыть эти слои в ГИС, мы увидим, что они отображаются в абсолютно разных местах, хотя по факту информация относится к одной и той же территории.

Для решения этой проблемы многие ГИС имеют функцию, называемую **проекцией «на лету»**. Это значит, что Вы можете **задать** определенную проекцию вашей карты перед тем, как добавлять слои, а затем по мере добавления слоев они будут автоматически отображаться в заданной проекции, вне зависимости от того, в какой проекции они записаны изначально. Эта функция обеспечивает корректное наложение слоев даже в случае **различающихся** систем координат.