

Секция 1

Введение

Работа телеметриста

Существует работа и хуже



Зачем нужны измерения положения скважины?

- Для того чтоб поразить геологические цели
- Для избежания столкновений с соседними скважинами
- Для определения положения скважины в случае необходимости проводить аварийные работы
- Для получения более точных геологических данных о резервуаре, что позволяет оптимизировать добычу
- Для выполнения требований законодательства

Что делают замеры?

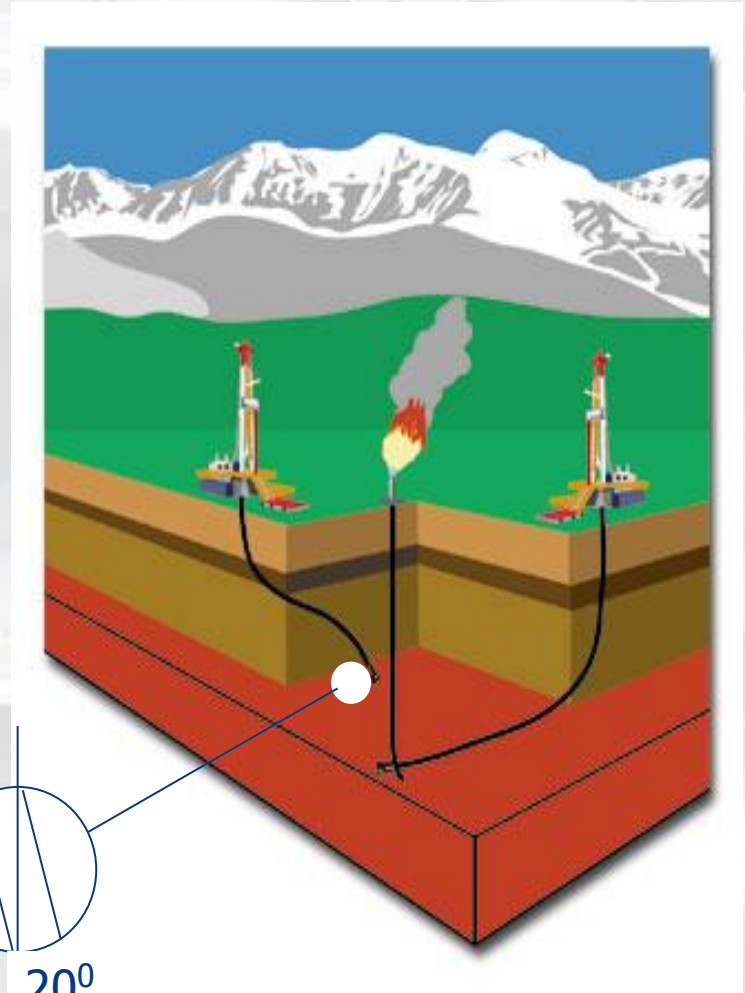
- Измеряют значение угла и азимута в скважине для определения куда ведется скважина
- Определяется положение отклонителя
- Вычисляют координаты скважины по глубине для оценки профиля скважины и текущего положения ее в пространстве
- Определяют интенсивности изменения угла и азимута, что позволяет вычислить пространственную интенсивность самой скважины

Что же меряется ?

- Угол наклона скважины
- Направление (Азимут)
- Глубина

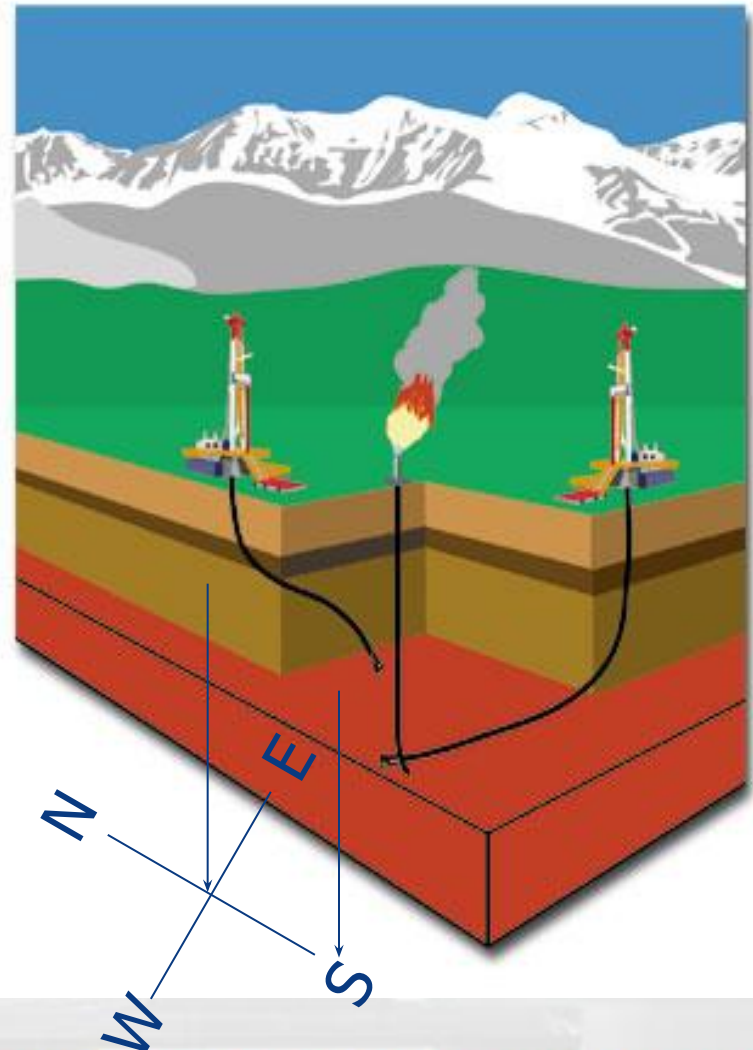
Угол наклона скважины

- Число от 0 до 180°
- 0° это вертикальный ствол
- 90° горизонтальный
- «Угол между осью скважины и вертикалью взятый в данной точке»



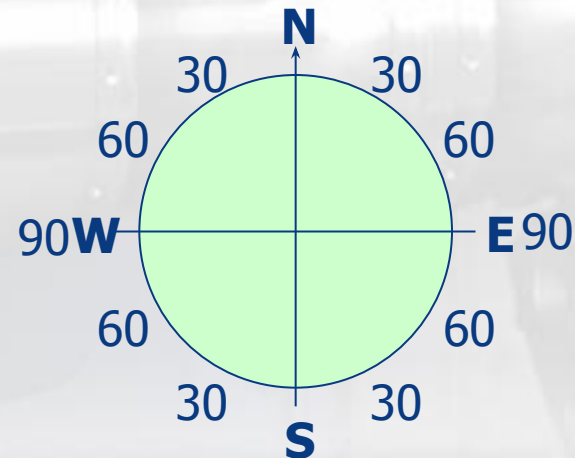
Направление (Азимут)

- В каком направлении идет скважина?
- «Направление это угол между выбранным направлением и касательной к горизонтальной проекции скважины в данной точке»



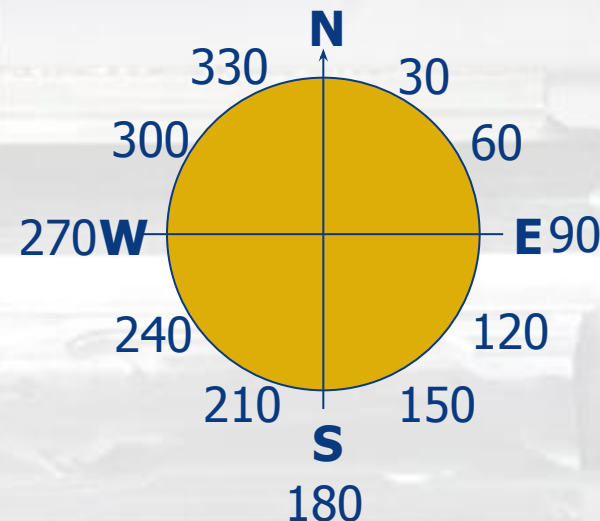
- **Квадрант**

- Число от 0 до 90° измеряемое на восток или запад от юга или севера
- *например* ЮгоЗапад 40°
- Устаревшая система



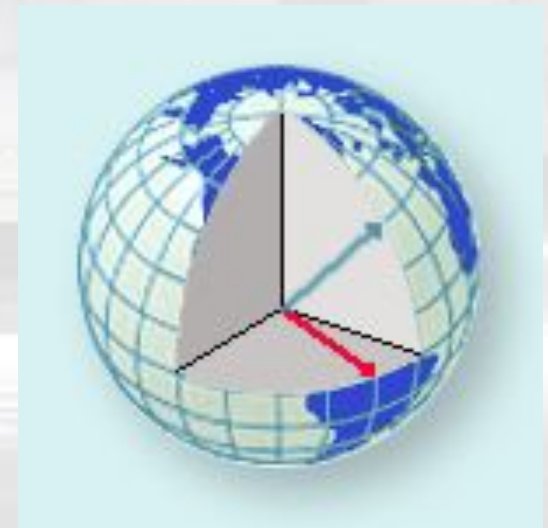
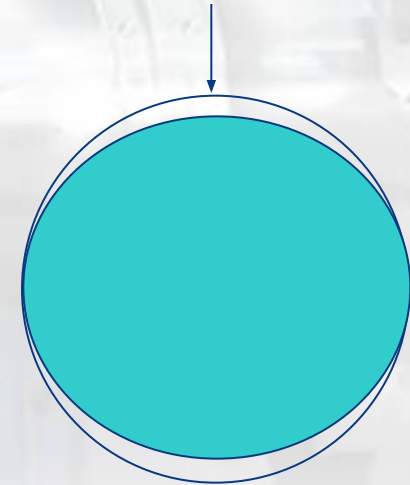
- **Азимут**

- Более широко используется
- Число от 0 до 360°, измеряемое от севера по часовой стрелке
- *например* 220°

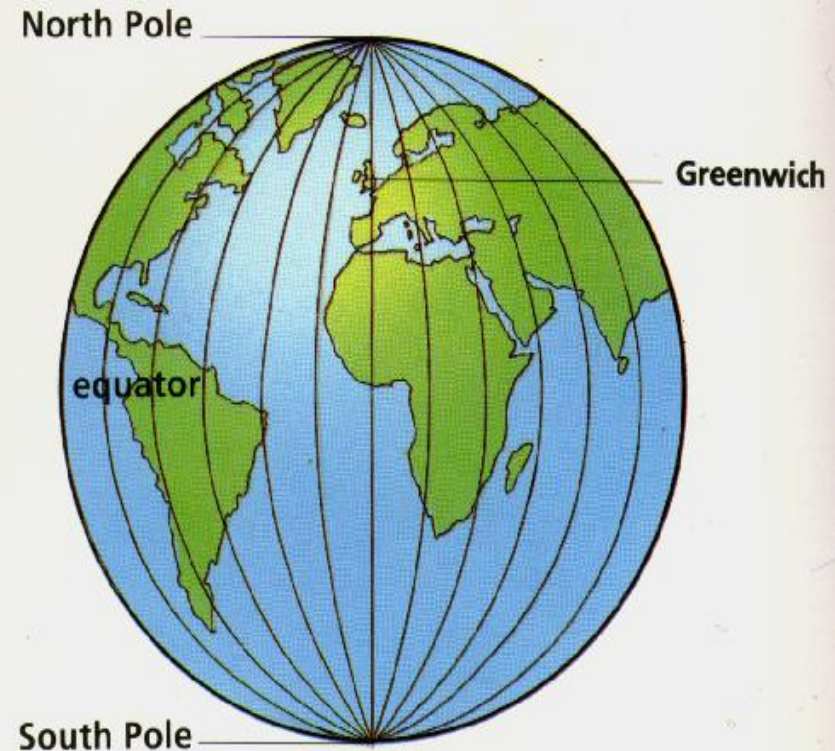


Картографическая проекция

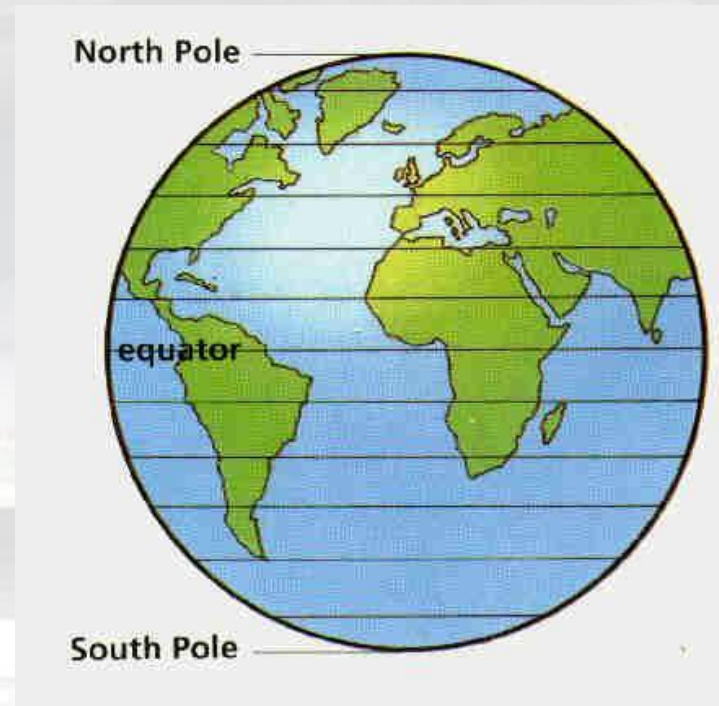
- Самая близкая к реальности форма земного шара это сфера сплюснутая с полюсов
- Положение точки на поверхности может быть описано двумя углами.
 - **Широта** это угол между линией связывающей центр сферы с точкой и экватором
 - **Долгота** это угол между плоскостью содержащей точку и ось вращения и другой плоскостью содержащей точку начала отсчета и ось вращения



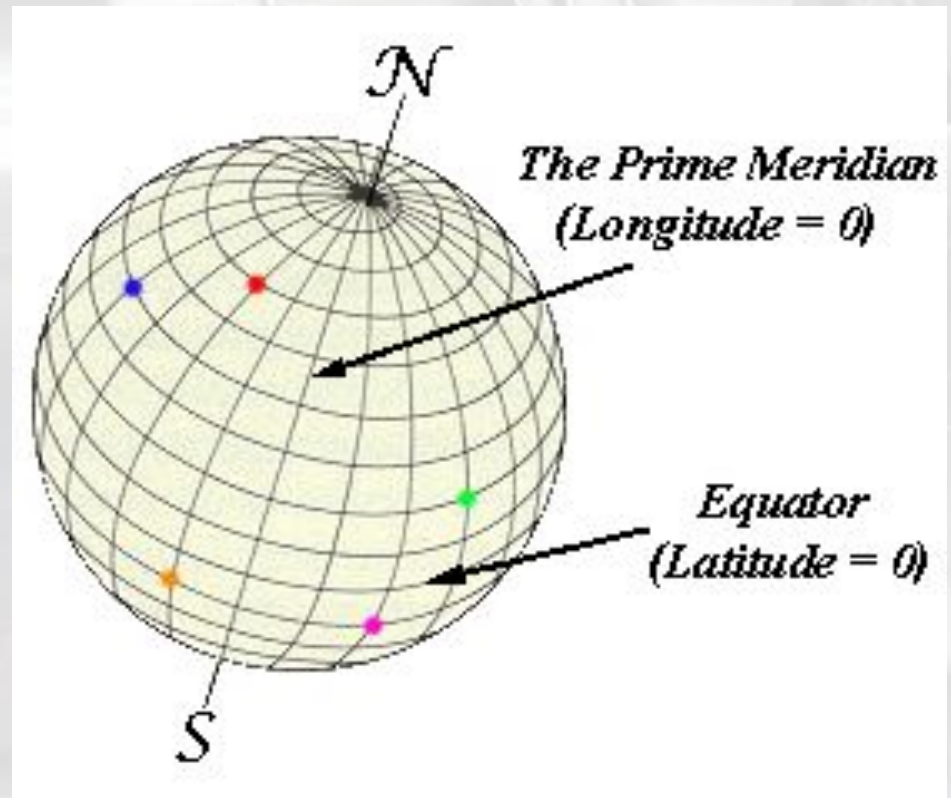
- Линии долготы проведенные через полюса называются меридианами.
- Они измеряют расстояние на Запад или Восток от основного меридиана за который был принят меридиан проходящий через город Гринвич, Англия.
- Основной меридиан имеет долготу 0° . Долгота изменяется от 0° до 180° на восток и от 0° до 180° на запад
- Восточная и западные гемосферы встречаются при 180° – это линия смены дат



- Линии широты опоясывают Землю и параллельны экватору, они называются параллелями.
- Аналогично долготе расстояние между ними измеряется в градусах.
- Экватор на широте 0° , а полюса имеют широту 90° .



- Широты показаны через каждые 10 градусов от экватора; долгота показана каждые 15 градуса от нулевого меридиана.
- Каковы координаты зеленой точки?



Ответ:

20N

45E

Картографические проекции

- Картографические проекции используются для отображения сферы или ее части на плоскости. Все проекции имеют ту или иную погрешность.
- Каждый метод проецирования имеет свои достоинства и недостатки. Пока не существует оптимального метода проецирования.
- При использовании определенного метода нужно ориентироваться на тот метод который позволяет минимизировать ошибку в данном конкретном случае.

Картографические проекции

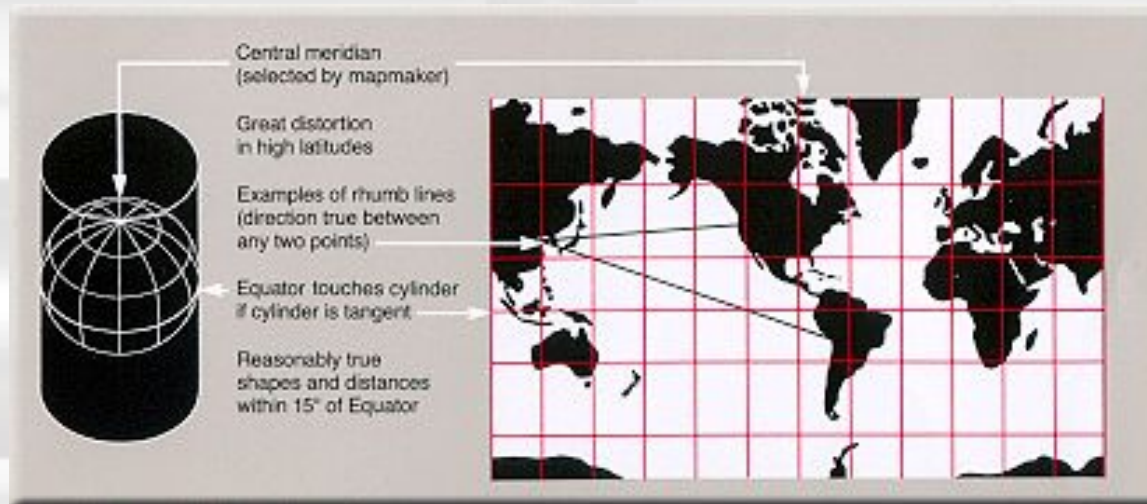
- Существуют различные методы – Меркатор, Конический и т.д.
- Меркатор – основан на проецировании сферы на цилиндрическую поверхность, но точен только на экваторе, используется при навигации
- Конический используются в основном военными.

- Конический метод проецирования или конформный метод Ламберта основан на проецировании сферы на конус.
- «Конформный» значит что карта отображает форму отдельных частей очень точно
- Используется для отображения частей поверхности Земли на запад или восток от выбранной долготы



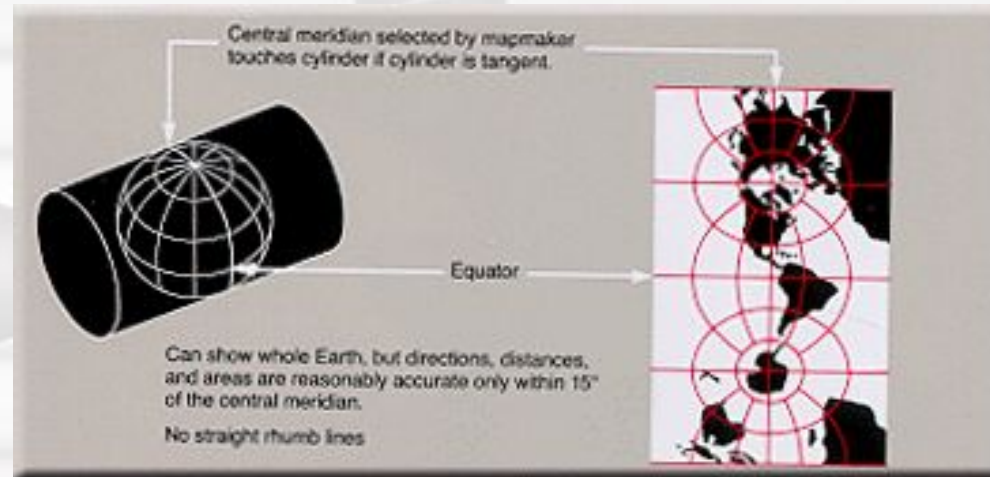
Проекция Меркатора

- Метод Меркатора широко используется
- Для зон вблизи экватора, карта имеет довольно точное отображение.
- Имеет большую погрешность при продвижении к полюсам, например Аляска выглядит как половина Южной Америки, хотя на самом деле Южная Америка в 11 раз больше



Проекция поперечного Меркатора (Universal Transverse Mercator)

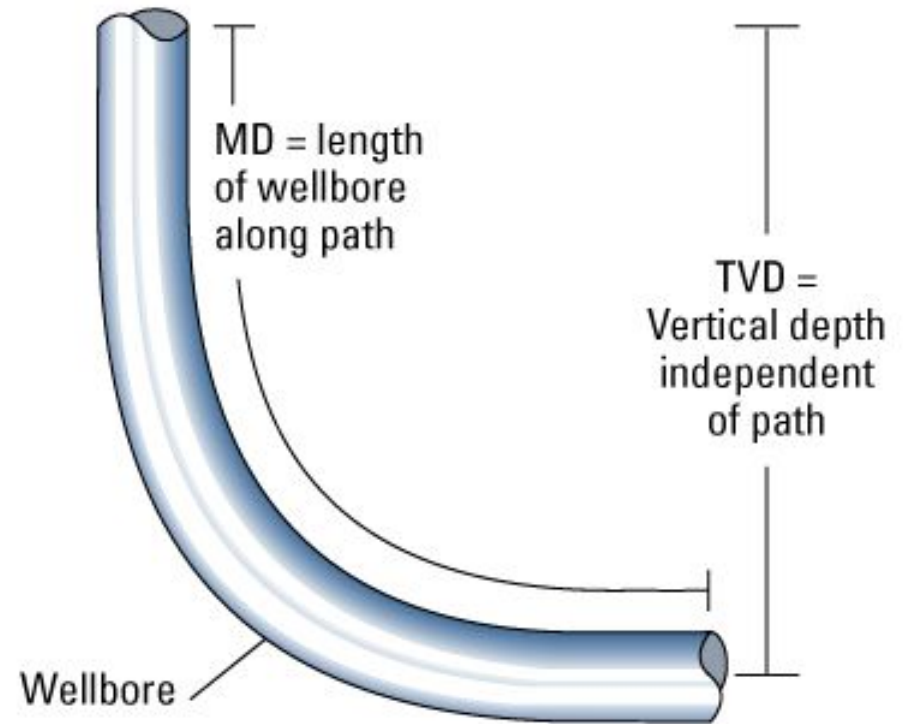
- Похожа на проекцию Меркатора, но ориентация цилиндра другая
- Используется довольно часто при бурении
- Universal Transverse Mercator UTM это набор из 60-ти проекция Меркатора, каждая из которой покрывает 6⁰ долготы.



Секция 2

Основные определения

- **Измеряемая глубина**
 - Расстояние измеряемое вдоль ствола скважины от поверхности до точки замера. Значение получаемое из меры инструмента.
- **Абсолютная глубина TVD**
 - Расстояние по вертикали от точки отсчета вертикали до точки расположенной на профиле скважины. Вычисляемое значение.



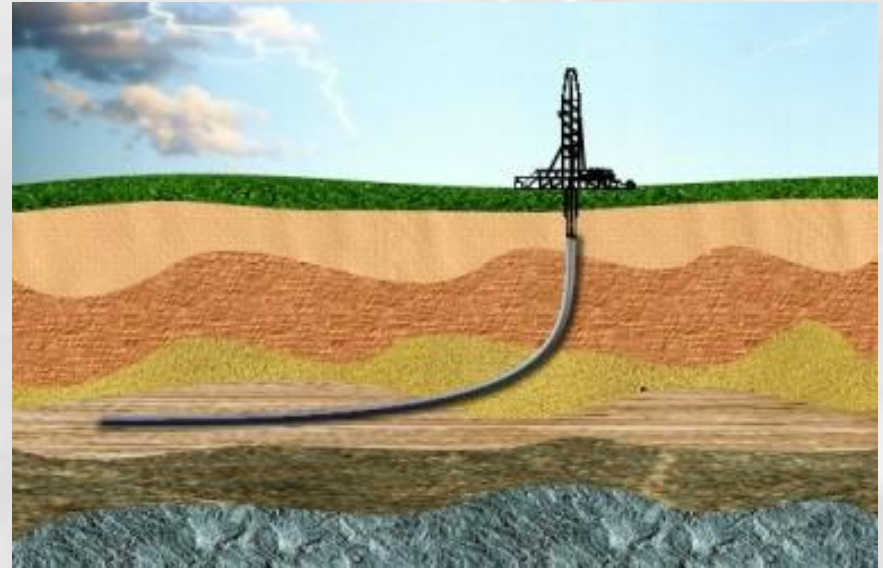
- При бурении удобно использовать отсчет глубины от стола ротора.
- При бурении на нефтяной платформе иногда используют отсчет глубины от уровня моря
- На плавающих буровых в основном используют отсчет от стола ротора



Стол ротора

Угол наклона скважины

- Угол между осью скважины и вертикалью взятый в данной точке
- При угле 0° ствол считается вертикальным при 90° горизонтальным
- Для ряда горизонтальных скважин угол может быть и больше 90°
- Иногда используется определение дрифт или зенитный угол



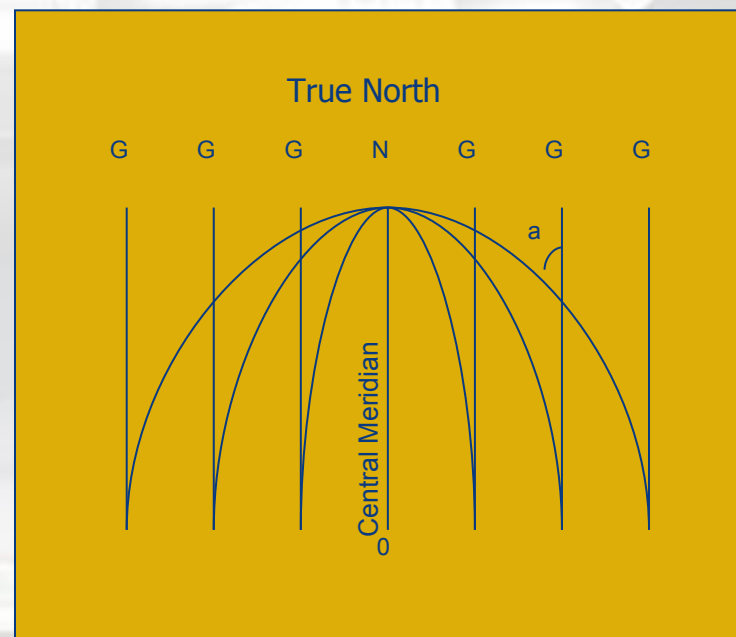
- Различные типы полюсов
 - Магнитный
 - Истинный
 - Дирекционный
- Все приборы магнитного типа изначально измеряют азимут относительно магнитного севера
- Магнитный север постоянно меняется поэтому в окончательных вычислениях используются направление относительно истинного или географического севера для постоянства величин.

- **Истинный Север:** это направление линии от любой точки на поверхности Земли на северный полюс, все линии долготы направлены на Истинный Север.



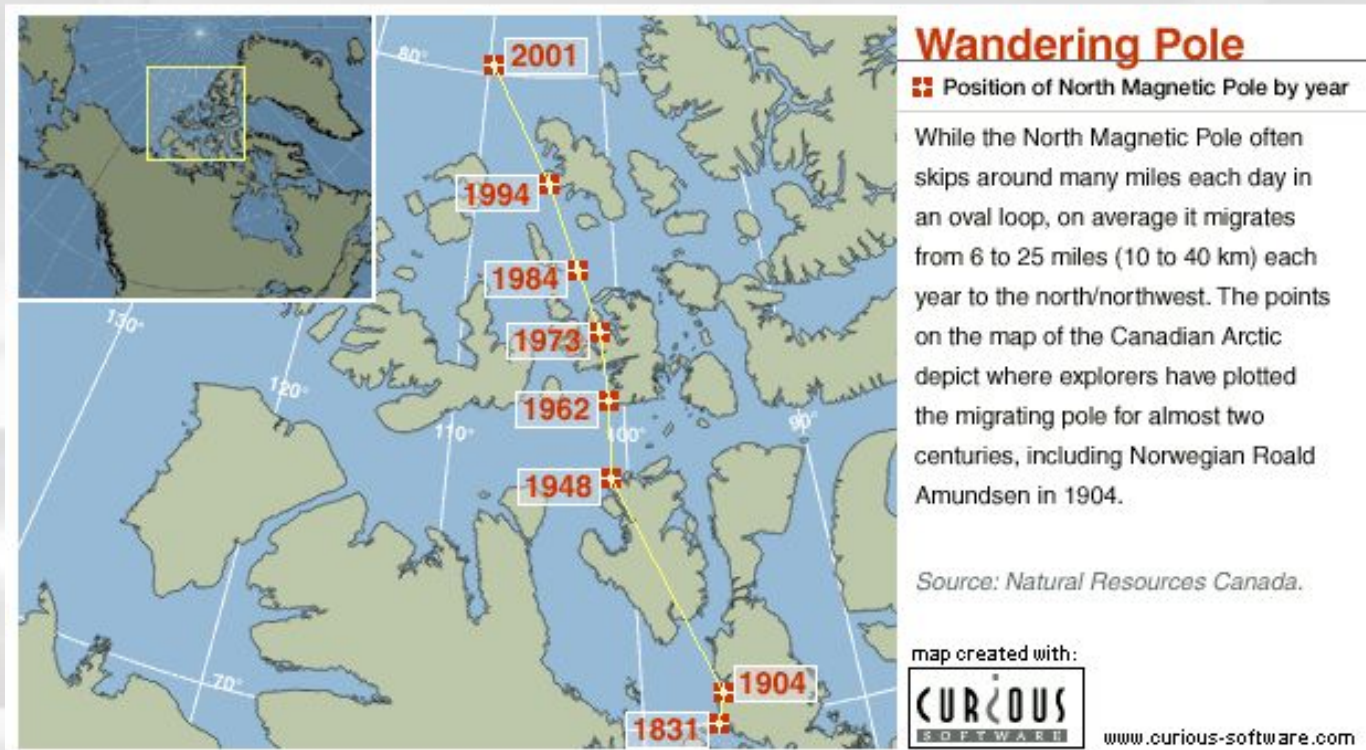
Дирекционный Север

- **Дирекционный Север:** это направление на север на карте
- Дирекционный Север совпадает с Истинным только по отдельным меридианам.
- Все другие точки должны быть с поправкой на схождение меридианов (угол между направлением на истинный и дирекционный Север в конкретной точке).



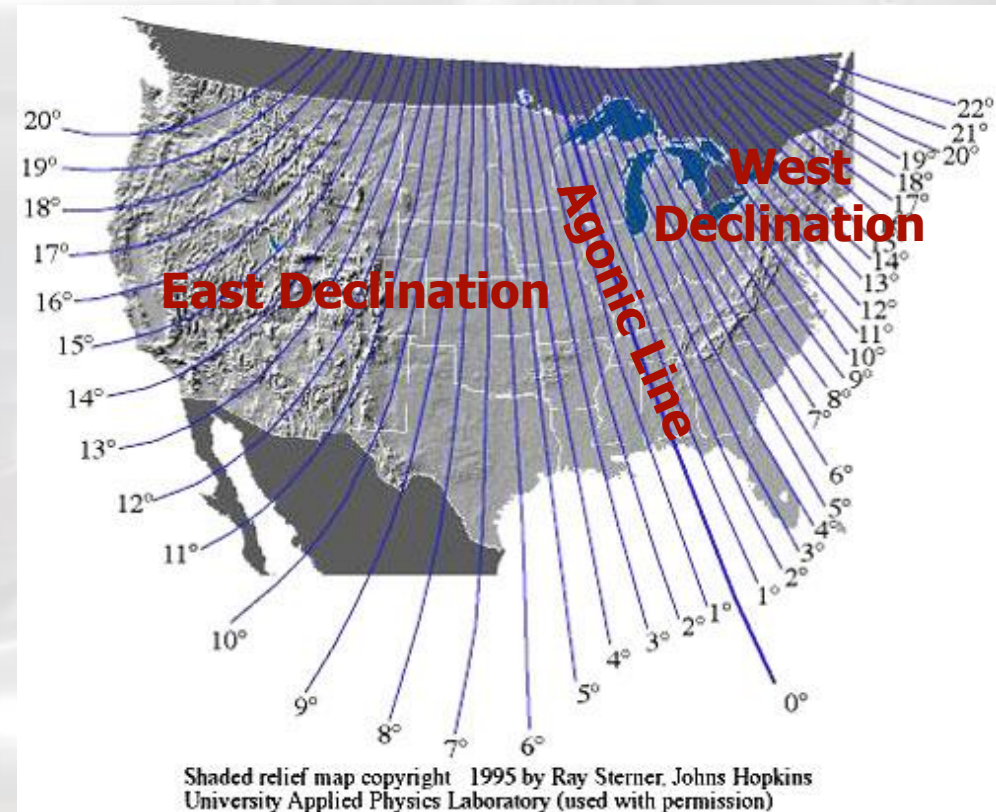
Магнитное склонение

- Магнитное склонение это угол между направлениями на истинный и магнитный полюса в любой точке на земной поверхности
- Магнитный север постоянно мигрирует.



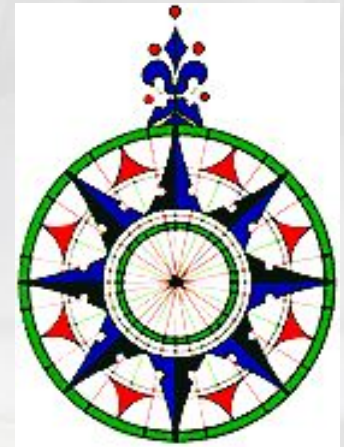
Магнитное склонение

- Склонение меняется в зависимости от положения на земной поверхности и времени
- Для определения склонения нужно знать где находится магнитный север относительно истинного на запад или восток в конкретной точке
- Измеряется как угол в градусах на восток или запад

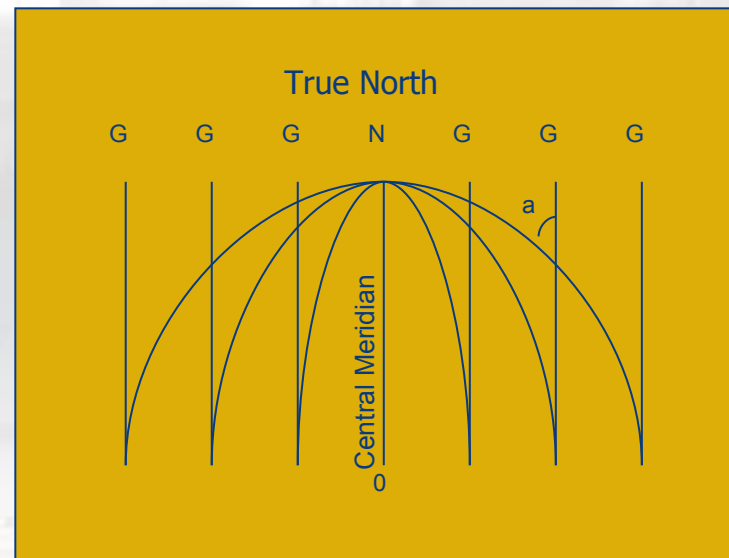


Магнитное склонение

- Существуют различные математические модели позволяющие вычислить значение магнитного склонения в любой точке на поверхности земли и для любой даты, например IGRF или VGGM

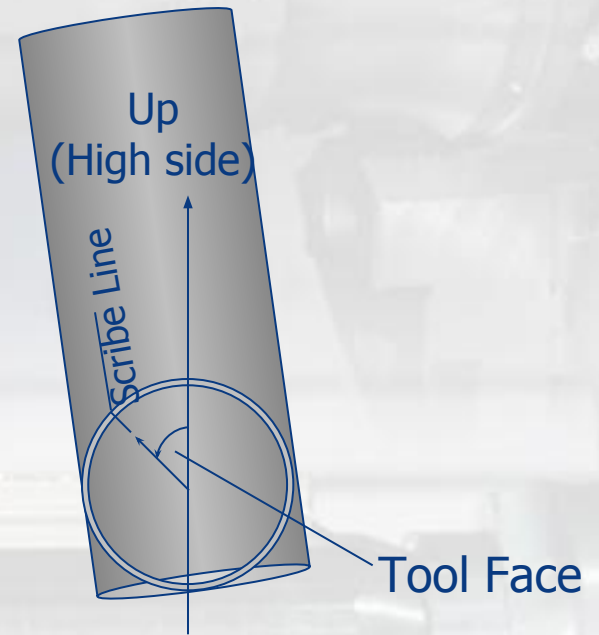


- При создании карты координаты необходимо перевести со сферы на плоскость
- В зависимости от используемого метода проецирования возникает погрешность между положением Истинного Севера и севера на карте
- Поправка на схождение меридианов это угол между направлением на истинный север и дирекционным севером в данной точке.



- Используется при направленном бурении, как мотором так и роторными компоновками
- Положение отклонителя это угловая мера положения инструмента относительно его нуля (верха) или относительно севера

- Показывает положение отклонителя влево или вправо относительно его нуля (верха) на любой угол от 0° до 180° .
- Используется при угле скважины более $3-15^{\circ}$



- Используется только при малых углах скважины в основном менее 4°
- Используется при срезках с вертикального ствола.
- Показывает положение отклонителя относительно магнитного севера.

- Измерительные приборы иногда имеют разницу между их нулевым значение и реальным нулевым значением отклонителя. Эта разница и называется поправкой или Offset Tool Face
- Обычно меряется на буровой при сборке компоновки.

$$OTF = \left[\frac{\text{Разница}}{\text{Диаметр}} \right] \times 360$$

$$In = \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{g_x^2 + g_y^2}}{g_z} \right]$$

- При вычислении угла используются показания только акселерометров.

Вычисление Азимута

$$Az = \tan^{-1} \left[\frac{TGF \cdot (h_x \cdot g_y - h_y \cdot g_x)}{\sqrt{h_z \cdot (g_x^2 + g_y^2) + g_z \cdot (h_x \cdot g_x + h_y \cdot g_y)}} \right] + MagDecl.$$

Где напряженность гравитационного поля, TGF, определяется как:

$$TGF = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2}$$

- При вычислении азимута используются показания всех датчиков, так же необходимо учитывать поправку на истинный или дирекционный север.

Гравитационного ТФ

$$GTF = \tan^{-1} \left(\frac{g_x}{g_y} \right) + OTF$$

- При вычислениях учитываются показания только акселерометров по осям x и y
- Для получения действительного значения положения отклонителя необходимо учесть поправку на положение отклонителя OTF.

Вычисление магнитного ТФ

$$MTF = \tan^{-1} \left[\frac{TGF \cdot h_x + g_x \cdot h_z}{TGF \cdot h_y + g_y \cdot h_z} \right] + OTF + MagDecl$$

- При вычислениях используются показания всех сенсоров
- Для получения истинного значения необходимо учитывать ОТФ (поправка на положение отклонителя)
- Так же если необходимо необходимо учесть поправку на азимут

- Результирующая магнитного поля (TMF) вычисляется как:

$$TMF = \sqrt{h_x^2 + h_y^2 + h_z^2}$$

- Для вычисления используются показания всех магнитометров
- Может быть оценен в зависимости от даты
- Единица измерения [Тесла]

- TGF = Напряженность гравитационного поля

$$TGF = \sqrt{g_x^2 + g_y^2 + g_z^2}$$

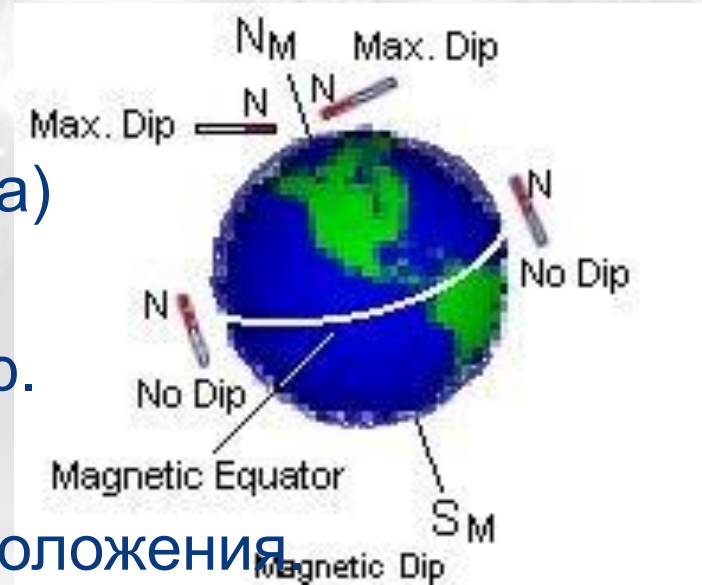
- Для вычисления используются значения всех акселерометров
- Изменяется незначительно по миру.

Угол наклона магнитных линий (Dip)

- Так как линии магнитного поля не параллельны поверхности Земли (за исключением магнитного экватора) в северном полушарии компас имеет тенденцию указывать в землю.

- Магнитный Dip угол изменяется в зависимости от местоположения. Например в районе Нижневартовска он около 77°

- Угол между касательной к поверхности земли и результирующим вектором магнитного поля в данной точке



Секция 3

Основные определения при бурении скважин

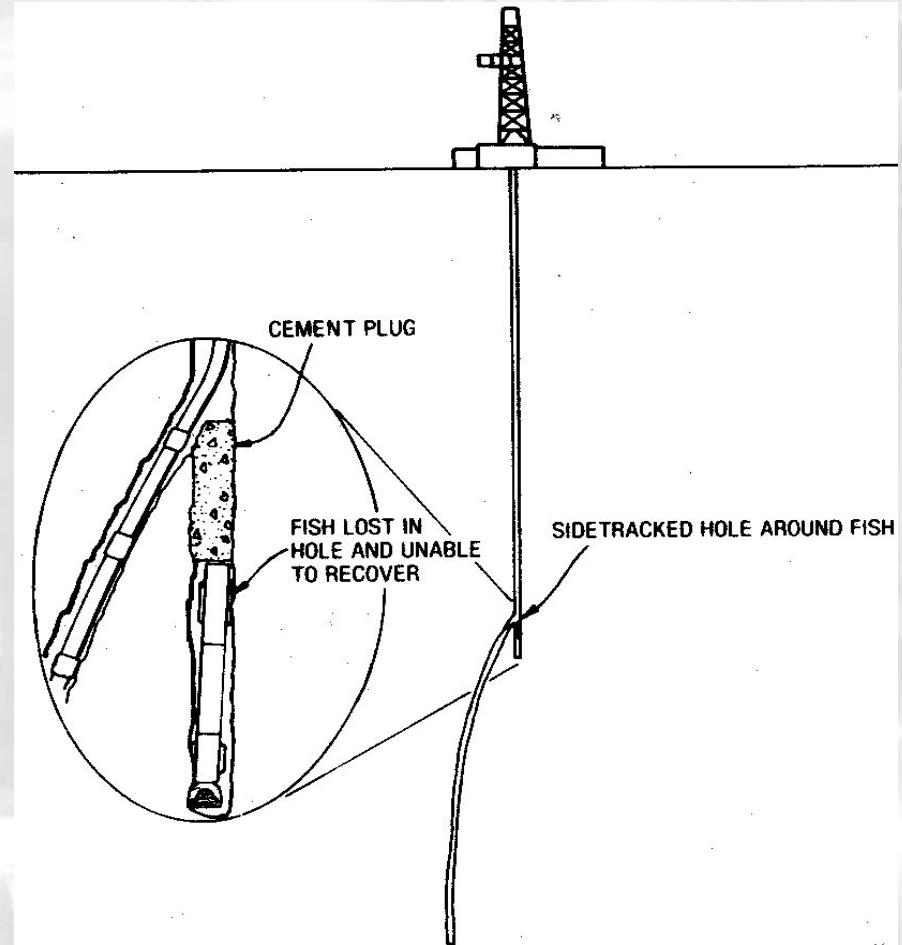
Вертикальная скважина

- Невозможно пробурить скважину точно вертикально
- Поэтому принято считать скважину вертикальной если она находится в пределах конуса с углом в 3 градуса

Направленное бурение

- Определение
- Технологический процесс направления траектории скважины к заданной цели

- Если координаты цели изменились, но координаты устья скважины остаются неизменными, новая скважина называется боковым стволом или геологическим боковым стволом
- Если боковой ствол получается в результате непредвиденных обстоятельств, но координаты устья и цели остались неизменными то это механический боковой ствол



$$D.L. = \cos^{-1}[\sin I_1 \sin I_2 \cos(A_2 - A_1) + \cos I_1 \cos I_2]$$

I_1 и I_2 два показания угла в различных точках
 A_1 и A_2 два показания азимута в различных точках

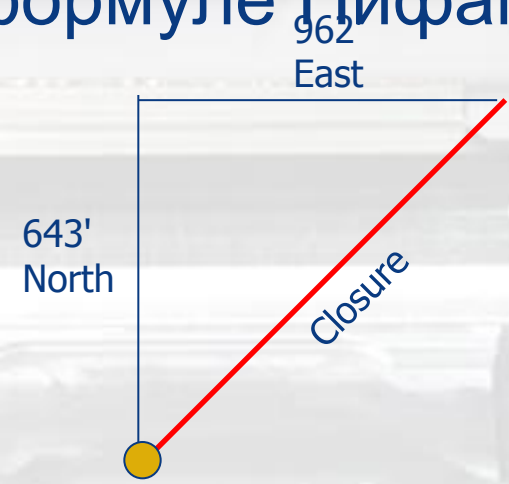
- Кривизна это степень искривления ствола скважины (изменения угла и направления) между двумя точками замера
- Кривизна измеряется в градусах

$$D.L.S = \frac{D.L. \times 10}{C.L.}$$

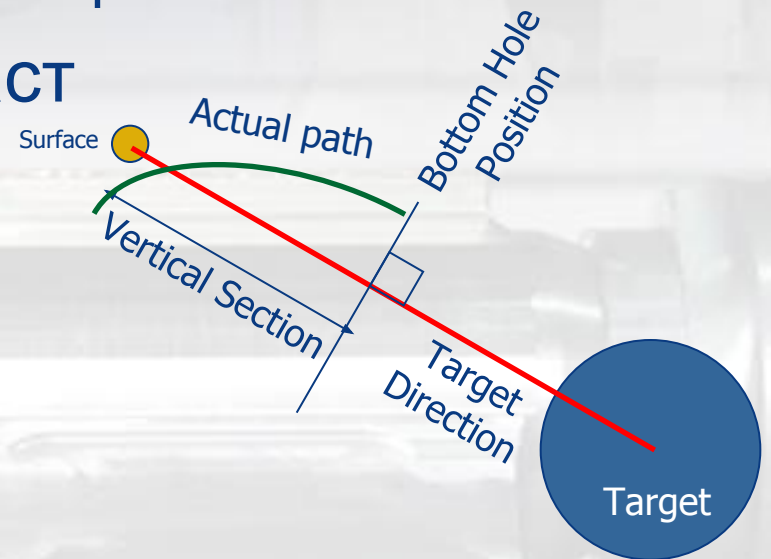
D.L. Кривизна посчитанная между двумя точками замера
C.L. Расстояние по стволу между двумя точками замера

- Пространственная интенсивность это мера кривизны на определенный интервал, обычно 10 метров
- Измеряется в градусах на 10 метров.
- Интенсивность стараются держать как можно более низкой для избежания проблем при бурении и спуске колонны

- Расстояние от точки лежащей на траектории скважины до вертикальной линии проходящей через устье, измеряемое в метрах
- Например если координаты точки 643 метра на Север и 962 метра на Восток то отход может быть вычислен по формуле Пифагора



- Длина проекции отхода на вертикальную плоскость, проходящую через прямую соединяющую устье с центром цели
- Направление этой прямой называется азимутом вертикальной секции или азимутом входа в пласт



Tie-in. Точка привязки

- Используется как точка начала отсчета если скважина начинается не с поверхности. Служит для вычисления координат скважины и включает в себя

TIE -IN

- Глубина по стволу
- Азимут
- Угол
- Глубина по вертикали
- Координаты С/Ю
- Координаты В/З
- Вертикальная секция

Секция 4

**Контроль качества
замеров**

- Все приборы использующие магнитометры реагируют не только на магнитное поле Земли, но и на любое другое магнитное поле
- Стальные моторы, долотья даже части немагнитных УБТ могут намагничиваться и создавать помехи в определении азимута и магнитного положения отклонителя
- Для снижения этого влияния приборы помещают внутри немагнитных УБТ достаточной длины
- Длина необходимого количества немагнитного материала зависит от местоположения скважины, угла и направления бурения. Она тем больше чем больше угол скважины, Dip угол и чем ближе азимут к 90 или 270-ти градусам.

- Кроме стальных частей компоновки существуют другие источники помех:
 - Колонна – все колонны намагничены и прибор использующий магнитометры для вычисления азимута внутри колонны и вблизи ее не работает
 - Когда срезка происходит вблизи зацементированной компоновки
 - Некоторые растворы, например гематитовые или металлическая стружка в растворе
 - Некоторые породы, например пириты увеличивают погрешность измерений.
 - Магнитные бури на солнце и т.д.

- Существует множество способов ошибиться с глубиной измерения
- Кроме человеческого фактора существуют и инструментальные ошибки связанные с растяжением и сжатием бурильной колонны, искривлением компоновки и т.д.
- Некоторые приборы записывают текущие данные измерений в память поэтому необходимо знать когда были сделаны замеры и какая глубина была на этот момент.

Как же оценить что полученный нами замер соответствует действительности. Если следующие параметры находятся в допустимых пределах то замер считает правильным:

- Напряженность гравитационного поля G_{total} в пределах ± 0.003 от эталонной (в большинстве случаев 1.0000)
- Напряженность магнитного поля B_{total} в пределах ± 500 нТ от значения напряженности магнитного поля в данной точке.
- Угол наклона магнитных линий к поверхности земли Dip в пределах ± 0.5 от значения этого угла в данной точке

Секция 5

Расчет профиля скважины

- Замеры дают нам угол и азимут на определенной глубине. Эта информация используется для вычисления положения скважины в пространстве
- Необходимо знать расстояние между двумя точками замера
- Координаты точки находящейся на траектории скважины вычисляются относительно устья

Потребность в создании модели

- Зенитный угол и азимут в каждой точке определяют вектор касательный к траектории скважины. Зенитный угол дает его вертикальную проекцию, а азимут горизонтальную
- Расстояние между точками это длина траектории скважины между двумя точками замера
- Необходимо иметь представление о траектории скважины между двумя точками замера.
- Для этого существуют различные модели

Часто используемые модели

- По среднему углу
- По радиусу кривизны
- По минимальному радиусу кривизны

Вычисление методом наименьшего радиуса кривизны

- Входные параметры
 - Углы в точках 1 и 2
 - Азимуты в точках 1 и 2
 - Глубины замеров в точках 1 и 2
- Выходные параметры
 - Интенсивность
 - Вертикальная глубина
 - Координаты точки
 - Отход
 - Вертикальная секция