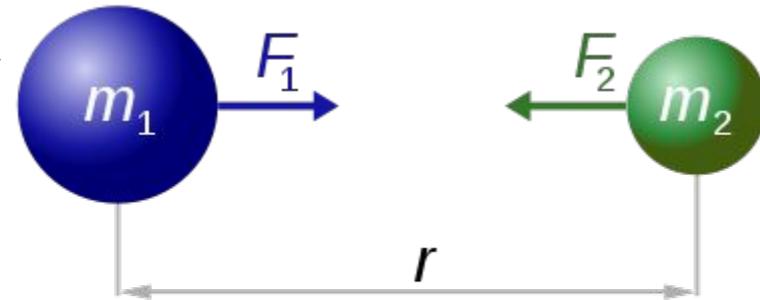


ГРАВИРАЗВЕДКА

название разведочной гравиметрии.

- Гравиразведка является составной частью науки об измерении силы тяжести – гравиметрии (от латинского *gravitas* – тяжесть и греческого *metrew* – измеряю).
- Эффективность гравиразведки как разведочного метода обусловлена тем, что плотностные неоднородности в геологических средах находят свое отражение в гравитационном поле.
- Начало экспериментальному изучению силы тяжести положено Г. Галилеем, проводившим опыты с падающими телами под действием силы тяжести. Галилей показал, что мерой силы тяжести является ускорение. В 1590 году он определил численное значение силы тяжести. В честь Галилея единица ускорения названа Гал.
- Начало гравиметрии связано с именем И.Ньютона, который в 1678 году в работе «Математические начала натуральной философии» сформулировал закон всемирного тяготения.



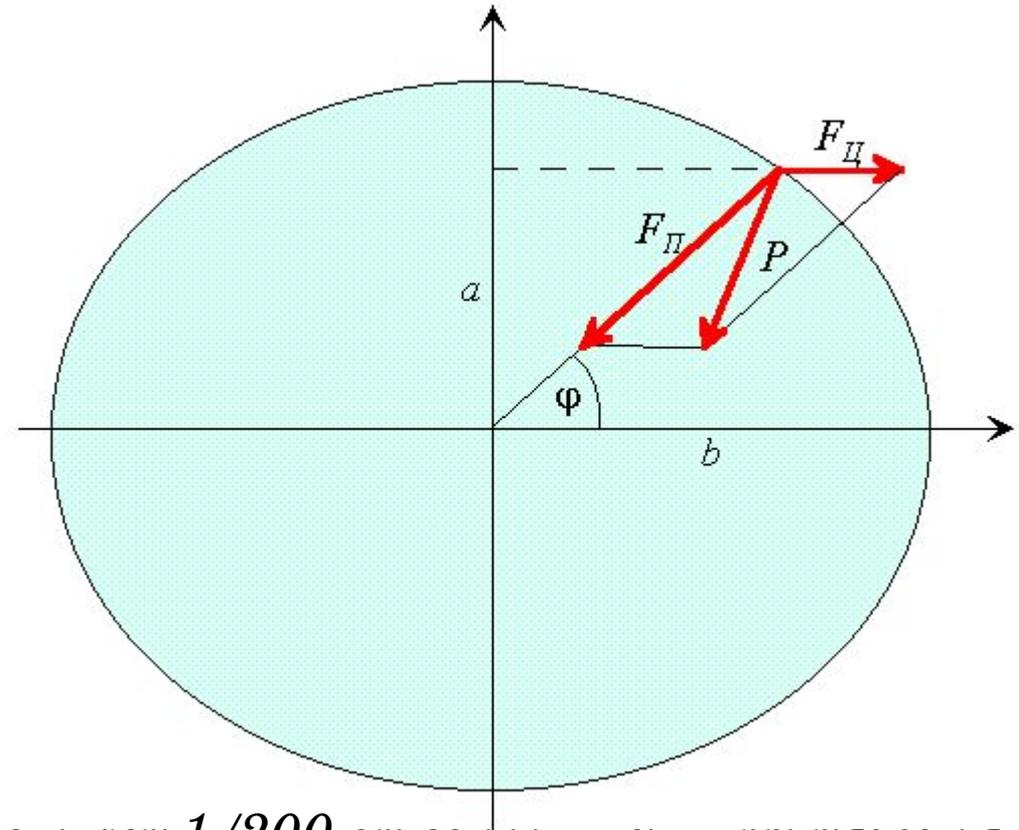
$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$

Физической основой гравиразведки является закон всемирного тяготения.

G – гравитационная постоянная, равная в Международной системе единиц (СИ) $G=66,73 \cdot 10^{-12} \text{ М}^3/\text{кг} \times \text{с}^2$

Значения силы тяжести, вычисленные на поверхности однородного земного сфероида, называется нормальным значением силы тяжести

Поле силы тяжести – естественное физическое поле, действие которого проявляется в том, что тело любой массы m притягивается Землей с силой $P=mg$, где g - вектор ускорения силы тяжести. Сила P представляет собой равнодействующую двух сил: силы притяжения $F_{\text{п}}$ и центробежной силы $F_{\text{ц}}$, то есть $P=F_{\text{п}}+F_{\text{ц}}$



Максимальное значение $F_{\text{ц}}$ не превышает $1/200$ от величины силы притяжения. Коэффициент сжатия Земли также мал ($1/298.25$), поэтому отклонение от направления к центру вектора $F_{\text{п}}$ не велико и им часто пренебрегают.

Ускорение силы тяжести

- Ускорение силы тяжести является основной измеряемой величиной и его называют сокращенно: сила тяжести.
- Сила, действующая на единичную массу, называется напряженностью поля.
- Из сказанного следует, что ускорение силы тяжести и напряженность гравитационного поля есть одна и та же физическая величина.

Единицей измерения ускорения силы тяжести является $1\text{см}/\text{с}^2$.
Величина $1\text{см}/\text{с}^2$ называется Галом – в честь Галилея, измерившего впервые ускорение силы тяжести. Данная единица измерения является не системной, например в системе СИ единицей измерения ускорения силы тяжести является $1\text{м}/\text{с}^2$

Гравитационный потенциал

- Векторное поле ускорения силы тяжести может быть выражено через скалярную функцию $W(x, y, z)$ с помощью оператора градиента:

$$\mathbf{g} = \text{grad}W = (\partial W / \partial X)dx + (\partial W / \partial Y)dy + (\partial W / \partial Z)dz \quad (1)$$

Функция $W(x, y, z)$ называется гравитационным потенциалом.

- По физическому смыслу гравитационный потенциал есть мера энергии, которую нужно затратить, чтобы перенести в поле силы тяжести тело с единичной массой из некоторого положения в бесконечность.

- Выражение (1) можно переписать в следующем виде:

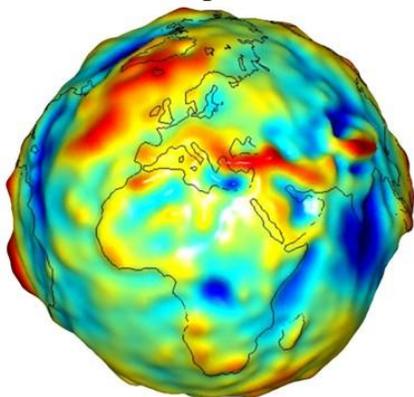
g_x, g_y, g_z – проекции силы тяжести на координатные оси.

$$(\partial W / \partial X) = g_x \quad (\partial W / \partial Y) = g_y \quad (\partial W / \partial Z) = g_z$$

Можно построить поверхность с постоянным значением ($W=const$) гравитационного потенциала. Такие поверхности называются уровенными поверхностями.

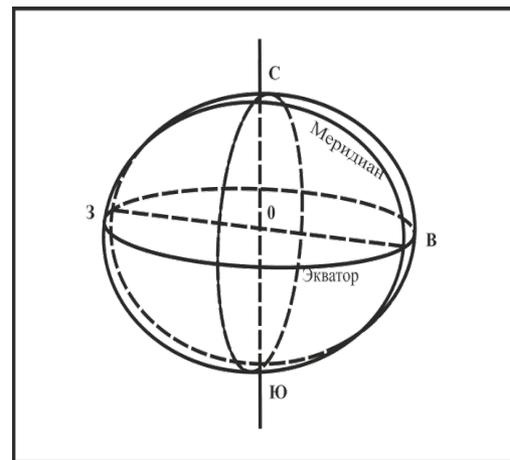
✓ Сила тяжести на уровенной поверхности нормальна к ней, но при этом имеет различное значение в разных точках. Другое название такой поверхности – эквипотенциальные. Именно по такой поверхности устанавливается жидкость в сосуде.

Геоид можно определить как одну из уровенных поверхностей потенциала силы тяжести. Поверхность геоида совпадает с поверхностью невозмущенного океана, в любой точке которого вектор силы тяжести нормален к поверхности воды.



Геоид

Поверхность геоида незначительно отличается от поверхности сфероида на морях и океанах. Большие отклонения наблюдаются на суше. Но и они не превышают ± 100 м. Среднее отклонение составляет ± 50 м.



Земля в первом приближении является двухосным эллипсоидом вращения, экваториальный радиус которого 6378 км, а полярный 6357 км. Эта разница в 21 км и увеличение на экваторе центробежной силы, приводит к тому, что на полюсе $g=983$ Гал, на экваторе $g=978$ Гал.

Нормальное значение поля силы тяжести.

- Нормальным значением силы тяжести (γ_0) называется силы тяжести, обусловленная суточным вращением и притяжением Земли, если предположить, что она состоит из однородных по плотности концентрических слоев.
- Расчет нормального поля в гравиразведке необходим для последующего учета его при интерпретации. Для вычисления нормального поля используется формула:

$$\gamma_0 = g_{\text{э}} \left(1 + \beta \sin 2\varphi + \beta_1 \sin^2 2\varphi \right)$$

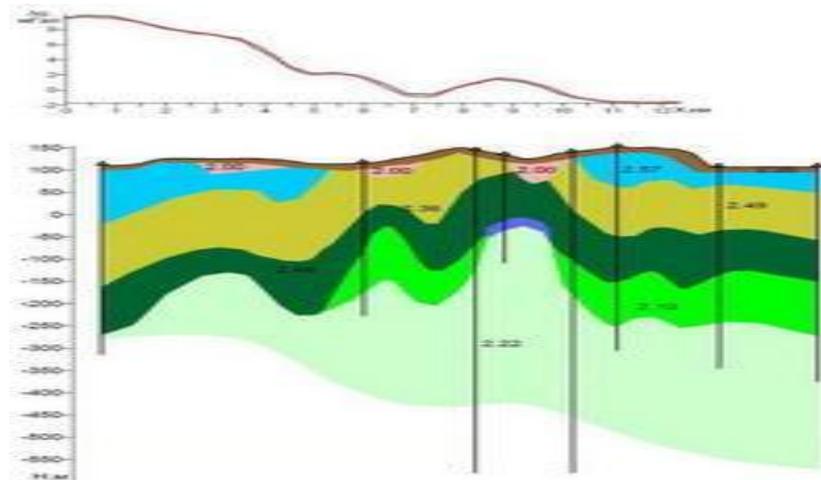
где $g_{\text{э}}$ – сила тяжести на экваторе;
 φ – географическая широта пункта наблюдения
 β и β_1 – коэффициенты, зависящие от формы Земли, угловой скорости, распределения масс.

Аномальное поле

- Разность измеренного (или наблюдаемого) значения поля силы тяжести g_n и нормального поля (γ_0) называется аномальным значением поля силы тяжести

$$\Delta g: \Delta g = g_n - \gamma_0$$

- Аномалии ускорения свободного падения называют отклонение измеренного значения от вычисленного нормального значения. Аномальное поле силы тяжести определяется гравитационным влиянием плотностных неоднородностей верхней части Земной коры и верхней мантии.



Редукция и аномалии поля силы тяжести

- Чтобы сравнить аномалию силы тяжести, нужно сравнить наблюдаемое поле с нормальным полем. Однако силу тяжести обычно наблюдают на физической поверхности Земли, а нормальное поле определено для поверхности сфероида, которая близка к уровню моря.
- Поэтому для решения этой проблемы прибегают к процедуре, которая называется редуцированием силы тяжести. Эта процедура включает в себя введение поправок за высоту, за притяжение промежуточным слоем и некоторых других поправок, в случае, если необходимо получить высокую точность измерений (поправки за рельеф, за лунные и солнечные приливы).

Редукция Фая

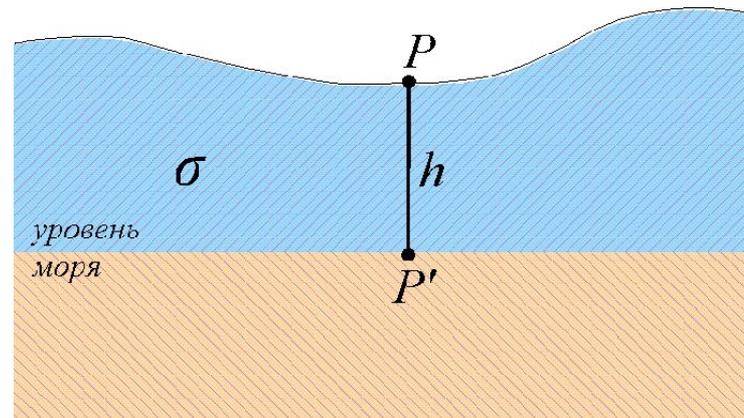
редукция за «свободный воздух»

- Поправки за высоту вводят для того, чтобы учесть разницу высот между точкой наблюдений и уровнем моря.
- Обычно говорят, что нужно привести значения силы тяжести к их значениям на уровне моря, то есть нужно получить такие значения поля, которые бы мы имели на уровне моря.
- ✓ При этом, конечно, точки наблюдений никуда не перемещаются – эта процедура лишь воображаемая.
- Данную поправку еще называют поправкой за свободный воздух, или поправкой Фая.
- Название «за свободный воздух» поправка получила за то, что в ней не учитывается влияние масс, расположенных между точкой наблюдений и уровнем моря, то есть точки наблюдений как бы «висят в воздухе».

$$\Delta g_{\text{Фая}} = g_{\text{н}} - \gamma_0 + 0,3086 \times h,$$

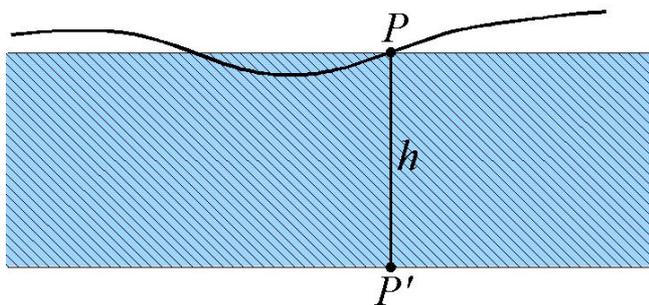
где h – абсолютная высота пункта наблюдений.

h измеряется в метрах, а g – в миллигалах.



Аномалия силы тяжести в редукации Буге или поправки за промежуточный слой

- Для учета масс, расположенных в слое между физической поверхностью и уровнем моря, используют специальную поправку, которая называется поправкой за промежуточный слой
- Первое допущение заключается в том, что плотность в слое можно считать постоянной. Это неизбежное допущение по понятным причинам.
- Второе допущение заключается в том, что в расчетах поправки можно использовать модель горизонтального слоя, проходящего через данную точку наблюдений. Такое предположение вполне разумно, если физическая поверхность достаточно ровная, но становится недопустимым в противном случае (горные районы). Тогда вводят дополнительную поправку за рельеф.

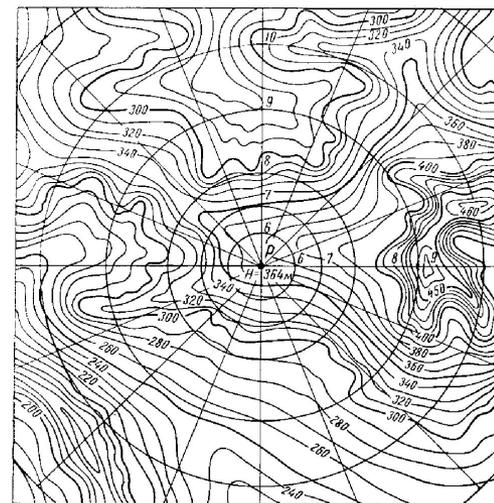
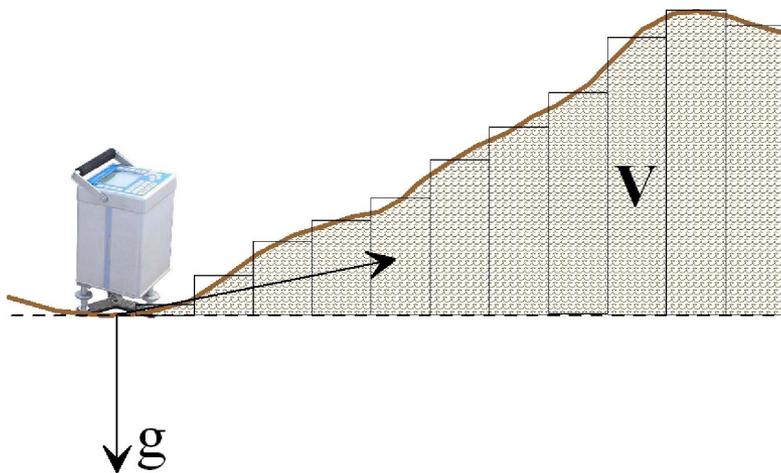


$$\Delta g_{\text{Буге}} = g_n - g_0 + 0,3086 * h - 0.041$$

При этом в формулу редуцирования поправка за промежуточный слой входит со знаком минус, поскольку промежуточный слой увеличивает поле силы тяжести.

Поправка за рельеф или топографическая поправка

- Для учета бокового притяжения рельефа местности, окружающего пункт наблюдения, при съемке в горных районах вводятся топографические поправки.
- Имеется несколько способов учета таких поправок, которые всегда положительны.



В итоге расчет аномалий Δg в пункте наблюдений имеет вид:

$$\Delta g = g_H - g_0 + 0,3086 \times h - 0,0419 \sigma h + \delta,$$

где δ - поправка за рельеф местности.

Полученная аномалия называется аномалия силы тяжести в редукции Буге с введенными поправками за рельеф местности.

Лунно-солнечные приливы

- *При высокоточной съемке возникает необходимость учета притяжения Луны и Солнца. Это дополнительное притяжение возникает при приливах в твердой оболочке Земли, и достигает максимальных значений в четверть метра.*
- Влияние солнечно-лунного притяжения учитывают с помощью специальных графиков, полученных по астрономическим данным. Максимальное значение поправки для Луны – 0.25 мГал, для Солнца – 0.1 мГал.

Плотность горных пород

Если рассмотреть сумму притяжений масс

$$m = \int_v \sigma dv$$

заклученных в объеме Земли \mathcal{V} , то получим:

$$F = -G \int_v dm/r^2 = -G \int_v \sigma dv/r^2$$

где \mathbf{r} – расстояние от притягиваемой точки до массы $d\mathbf{m}$, заключенной в элементе объема dv ; σ – плотность распределения масс.

- Гравитационные аномалии возникают только в том случае, если горные породы, слагающие земную кору, имеют неоднородности.
- *В гравиметрических задачах часто используется понятие избыточной плотности: это разность между плотностью вмещающих пород и плотностью структур, создающих аномалию.*
- *✓ Избыточная плотность может быть как положительной так и отрицательной.*
- Средняя плотность земной коры составляет 2.67 г/см^3 . В целом Земли -5.52 г/см^3 . Как правило, плотность одних и тех же осадочных пород возрастает с увеличением глубины их залегания.

Плотность (г/см³)

Нефть 0,8 - 1,0

Уголь 1,0

Вода 1,1 - 2

Почва 1,13 - 2,0

Песок 1,4 - 2 Г

лина 2 - 2,2

Песчаник 1,8 - 2,8

Известняк 2,3 - 3,0

Соль 2,1 - 2,4

Гранит 2,4 - 2,9

Гнейсы 2,6 - 2,9

Габбро 2,8 - 3,1

Базальт 2,7 - 3,3

Перидотит 2,8 - 3,4

Медный колчедан 4,1 - 4,3

Магнетит, гематит 4,9 - 5,2

