

Магниторазведка

Бакалавры 2 лекция

Магнитометры

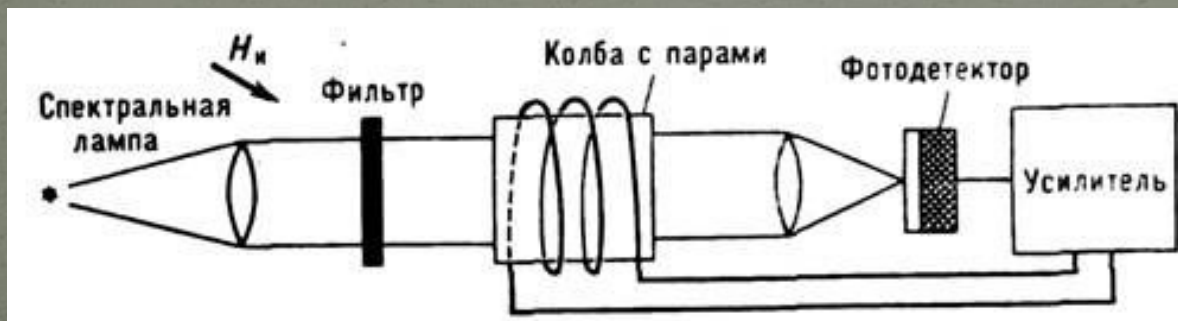
- **Магнитометр** — (от греч. *magnetis* — магнит и метр), прибор для измерения характеристик магнитного поля и магнитных свойств материалов. В зависимости от определяемой величины различают приборы для измерения: напряжённости поля (эрстедметры), направления поля (инclinаторы и деклинаторы), градиента поля (градиентометры), магнитной индукции (тесламетры), магнитного потока (веберметры, или флюксметры), коэрцитивной силы (коэрцитиметры), магнитной проницаемости (мю-метры), магнитной восприимчивости (каппа-метры), магнитного момента.

В **квантовых магнитометрах**, предназначенных для измерения абсолютных значений модуля индукции магнитного поля, используют так называемый эффект Зеемана. Атомы, обладающие магнитным моментом, при попадании в магнитное поле приобретают дополнительную энергию, частота излучения которой пропорциональна полному вектору магнитной индукции этого поля в точке наблюдения. Чувствительным элементом магнитометра является сосуд, в котором имеются пары цезия, рубидия или гелия. В результате вспышки монохроматического света (метод оптической накачки) электроны паров переводятся с одного энергетического подуровня на другой. Возвращение их на прежний уровень после окончания накачки сопровождается излучением энергии с частотой, пропорциональной величине магнитного поля:

$L = M_b \cdot B / h$, где M_b - магнетон Бора, h – постоянная Планка

Квантовый магнитометр *Geometrics G-859*

Схема самогенерирующего квантового магнитометра с оптической накачкой.



- Протонные магнитометры основаны на принципе свободной прецессии ядер атомов водорода в магнитном поле. Протоны, имея собственный спин и магнитный момент, прецессируют (вращаются) в магнитном поле Земли вокруг его направления с частотой, определяемой соотношением Лармора {Larmor}:

- $f = (\gamma/2\pi)T$

- где f - частота прецессии протона [Гц],
- γ - гиромагнитное отношение ядра (атомная константа),
- T - полный вектор напряженности геомагнитного поля.

Следовательно, измерив частоту прецессии можно определить модуль магнитного поля. В качестве рабочего вещества для наблюдения прецессии может быть использована любая протонсодержащая жидкость. В датчиках магнитометров обычно используют: водный раствор спирта, керосин, гептан, метанол и др. Для обнаружения прецессии рабочее вещество подвергают интенсивной поляризации внешним магнитным полем H , примерно перпендикулярно к полю T . При этом происходит преимущественная ориентация магнитных моментов протонов по направлению приложенного поля. Поле H с напряженностью порядка 100 Э создают постоянным электрическим током, пропускаемым через специальную катушку, окружающую рабочее вещество. После быстрого выключения тока поляризации результирующий вектор ядерного намагничивания начинает прецессировать вокруг поля T , наводя в катушке ЭДС, в виде затухающей синусоиды. Измерив частоту сигнала нетрудно вычислить модуль геомагнитного поля по формуле:

- $T = 23.4874f$ [нТл]

Портативный протонный магнитометр МИНИМАГ



Особенности методики полевых работ

- Полевые магнитные съемки бывают профильными и площадными. Съемки по отдельным профилям используются при рекогносцировочных исследованиях для выявления общих закономерностей аномальных полей. Однако иногда интерпретационные профили задаются вкрест выявленных площадной съемкой аномалий. Основным же видом съемок являются площадные, выполненные по системам параллельных профилей.
- Подходы к выбору сети наблюдений такие же, как и в гравиразведке. Однако при магнитной съемке менее жесткие требования к топопривязке, отсутствует опорная сеть, а густота рядовых пунктов наблюдения несколько больше.
- Сеть наблюдений разбивается как инструментально, так и с помощью средств спутниковой навигации. Контрольный пункт для регистрации вариаций напряженности геомагнитного поля и ее непрерывной записи, располагается либо на территории исследований, либо рядом с ней.

Особенности интерпретации магниторазведочных данных

- Как и в гравиразведке, интерпретацию магнитометрических исследований разделяют на качественную и количественную.
- Основное различие заключается в том, что вектор намагниченности горных пород не всегда совпадает с направлением земного магнитного поля.
- В зависимости от происхождения у породы может быть намагниченность одного или нескольких видов. Суммарной является *естественная остаточная намагниченность*. Чувствительность того или иного вида намагниченности к воздействию т-ры различна. Наиболее стабильна термоостаточная намагниченность. Намагниченности всех видов, кроме пьезоостаточной, уменьшаются при высоких давлениях. Стабильность естественной остаточной намагниченности к размагничивающим факторам определяется коэрцитивной силой.

Области применения магниторазведки

- Магниторазведка применяется для решения задач региональной структурной геологии, геологического картирования разных масштабов, поисков и разведки железорудных месторождений, поисков месторождений рудных и нерудных ископаемых, оценки геолого-петрологических особенностей и трещиноватости пород, изучения геологической среды.
- При изучении геологической среды для решения инженерно-геологических, гидрогеологических, мерзлотно-гляциологических и экологических задач магниторазведка используется прежде всего на этапах как общего, так и специализированных видов картирования. Высокая точность современных полевых магнитометров (ошибки в определении аномалий поля около 1 нТл) обеспечивает возможность разделения по литологии пород по степени их немагнитности.
- Детальные, в том числе микромагнитные, съемки можно использовать для изучения участков под ответственное строительство с целью литолого-петрографического расчленения пород и выявления их трещиноватости, разрушенности, закарстованности.
- Периодически повторяемые детальные съемки оползней, в которые заглублены металлические стержни, обеспечивают возможность определения направления и скорости их движения. Имеются положительные примеры картирования залежей подземных льдов (крупных ледяных внутригрунтовых тел и повторно-жильных льдов).
- С успехом используются археоманитные исследования для решения некоторых археологических задач.
- Детальная магнитная съемка и каппаметрия (полевые определения магнитной восприимчивости) несут информацию о концентрации гумуса и солей в почвах, загрязненности грунтов тяжелыми металлами, отходами промышленных производств, нефтехимическими продуктами.

Магнитные свойства пород

- Магнитные свойства пород характеризуются широким диапазоном значений до десятков тысяч 10^{-5} СИ. В зависимости от магнитных свойств на практике используют классификацию горных пород, предложенную Д.Л.Берсудским:
- практически немагнитные $\chi < 50 \cdot 10^{-5}$ ед. СИ – в основном это осадочные породы.
- очень слабомагнитные $\chi = (50-100) \times 10^{-5}$ ед. СИ – часть осадочных пород, метаморфических и кислых магматических пород;
- слабомагнитные, $\chi = (100-1000) \times 10^{-5}$ ед. СИ (часть осадочных, магматических, и метаморфических пород);
- магнитные $\chi = (1000-5000) \times 10^{-5}$ ед СИ. (магматические породы и часть метаморфических);
- сильномагнитные $\chi > 5000 \times 10^{-5}$ ед. СИ. (породы основного и ультраосновного состава)

- Гладкий К.В. Гравиразведка и магниторазведка. – М.: Недра, 1967.
- Логачев А.А., Захаров В.П. Магниторазведка. – Л.: Недра, 1979.
- Магниторазведка: Справочник геофизика. – М.: Недра, 1990.

С точки зрения науки:
магнитное поле Земли