

Министерство образования и науки Республики Казахстан

КГКП «Геологоразведочный колледж» г. Семей

Базовый (опорный) конспект

по предмету «Основы геофизических методов поисков и разведки МПИ»

для специальности 0701000 «Геологическая съемка, поиск и разведка месторождений полезных ископаемых»

Подготовлен преподавателем:

Сайлаубаевой З.А. *Сайл-*

Утвержден геофизической ПЦК

Протокол № 2

от « 3 » октября 2012 г.

Председатель ПЦК

Сайлаубаева З.А. *Сайл-*

Ф.И.О.

подпись

г. Семей

Рекомендован учебной частью для использования.

Зам.директора по УР *Е.В. Савушкина* Савушкина Е.В.

Общее количество часов на предмет: 66 (60)

В том числе:

I семестр _____

II семестр _____

III семестр _____

IV семестр _____

V семестр _____

VI семестр 36

VII семестр 24

VIII семестр _____

Количество обязательных контрольных работ 1(1) в VII семестре (ах)

Итоговый контроль: _____ зачет се-р?

Оглавление.

Раздел 1 Общие сведения о геофизических методах

Урок №1. Тема 1.1 Общие сведения о геофизических методах исследования.

Раздел 2. Магниторазведка

Урок №2. Тема 2.1 Теоретические основы магниторазведки.

Урок №3. Тема 2.2 Измерительная магниторазведочная аппаратура и оборудование.

Урок №4. Тема 2.3 Методика полевых наземных и аэромагнитно-разведочных работ.

Урок №5. Тема 2.4 Камеральная обработка полевых материалов наземной и воздушной магнитных съемок. ...

Раздел 3 Гравиразведка

Урок №6. Тема 3.1 Теоретические основы гравиразведки.

Урок №7. Тема 3.2 Основная гравиразведочная аппаратура, техника измерений.

Урок №8. Тема 3.3 Методика полевых гравиразведочных работ.

Урок №9. Тема 3.4 Обработка результатов гравиметрических наблюдений

Раздел 4 Электроразведка

Урок №10. Тема 4.1 Теоретические основы электроразведки.

Урок №11. Тема 4.2 Аппаратура и оборудование, применяемые в электроразведке.

Урок №12. Тема 4.3 Методы постоянного тока.

Урок №13. Тема 4.4 Методы естественного электрического поля

Урок №14. Тема 4.5 Метод заряда.

Урок №15. Тема 4.6 Методы нестационарного переменного тока.

Урок №16. Тема 4.7 Методы гармонического переменного тока.

Раздел 5 Сейсморазведка

Урок №17. Тема 5.1 Теоретические основы сейсморазведки.

Урок №18. Тема 5.2 Сейсморазведочная аппаратура и оборудование.

Урок №19. Тема 5.3 Методика сейсморазведочных работ.

Урок №20. Тема 5.4 Обработка и интерпретация материалов сейсморазведки.

Раздел 6. Радиометрические и ядерно-физические методы разведки

Урок №21. Тема 6.1 Теоретические основы метода.

Урок №22. Тема 6.2 Аппаратура и оборудование, применяемые в радиометрии.

Урок №23. Тема 6.3 Методика полевых и лабораторных работ.

Раздел 7 Геофизические методы исследования скважин

Урок №24. Тема 7.1 Особенности изучения физических полей в скважинах.

Урок №25. Тема 7.2 Ядерно-геофизические методы исследования скважин.

Урок №26. Тема 7.3 Технические операции в скважинах.

Урок №27. 7.4 Комплексирование геофизических методов исследования скважин.

Раздел 8 Комплексирование геофизических методов

Урок №28. Тема 8.1 Принципы комплексирования.

Урок №29. Тема 8.2 Применение геофизических методов при решении геологических задач.

Урок №30. Тема 8.3 Применение геофизических методов при решении гидрогеологических и инженерно-геологических задач.

№ п/п	Наименование разделов и тем	Всего	В т.ч. на лабораторно-практические
		3	4
1	2	3	4
	Введение	1	-
	Раздел 1 Общие сведения о геофизических методах		
1.1.	Общие сведения о геофизических методах исследования	2	-
	Итого по разделу	2	-
	Раздел 2. Магниторазведка		
2.1.	Теоретические основы магниторазведки	2	-
2.2.	Измерительная магниторазведочная аппаратура и оборудование	4	2
2.3.	Методика полевых наземных и аэромагнитно-разведочных работ	2	-
2.4.	Камеральная обработка полевых материалов наземной и воздушной магнитных съемок	2	-
	Итого по разделу	10	2
	Раздел 3 Гравиразведка		
3.1.	Теоретические основы гравиразведки	2	-
3.2.	Основная гравиразведочная аппаратура, техника измерений	4	2
3.3.	Методика полевых гравиразведочных работ	2	-
3.4.	Обработка результатов гравиметрических наблюдений	2	-
	Итого по разделу	10	2
	Раздел 4 Электроразведка		
4.1.	Теоретические основы электроразведки	2	-
4.2.	Аппаратура и оборудование, применяемые в электроразведке	2	-
4.3.	Методы постоянного тока	2	2
4.4.	Методы естественного электрического поля	2	-
4.5.	Метод заряда	2	2
4.6.	Методы нестационарного переменного тока	2	-
4.7.	Методы гармонического переменного тока	2	-
	Итого по разделу	14	4
	Раздел 5 Сейсморазведка		
5.1.	Теоретические основы сейсморазведки	2	-
5.2.	Сейсморазведочная аппаратура и оборудование	4	2
5.3.	Методика сейсморазведочных работ	2	-

5.4.	Обработка и интерпретация материалов сейсморазведки	2	2
	Итого по разделу	10	4
	Раздел 6. Радиометрические и ядерно-физические методы разведки		
6.1.	Теоретические основы метода	2	-
6.2.	Аппаратура и оборудование, применяемые в радиометрии	2	2
6.3.	Методика полевых и лабораторных работ	2	2
	Итого по разделу	6	4
	Раздел 7 Геофизические методы исследования скважин		
7.1.	Особенности изучения физических полей в скважинах	2	2
7.2.	Ядерно-геофизические методы исследования скважин	2	-
7.3.	Технические операции в скважинах	2	2
7.4.	Комплексирование геофизических методов исследования скважин	2	-
	Итого по разделу	8	4
	Раздел 8 Комплексирование геофизических методов		
8.1.	Принципы комплексирования	2	-
8.2.	Применение геофизических методов при решении геологических задач	2	2
8.3.	Применение геофизических методов при решении гидрогеологических и инженерно-геологических задач	2	-
	Итого по разделу	6	2
	Всего по предмету:	66	22

Урок № 1.

Тема № 1. Общие сведения о геофизических методах исследования

План

1. Геофизика – как наука.
2. Классификация геофизических методов.
3. Физические поля и аномалии.
4. Этапы геофизических работ.
5. Задачи решаемые в геофизике.

1. Геофизика - наука о физических процессах и связанных с ними явлениях, происходящих в твердой и жидкой оболочках Земли. Геофизические данные используют в геологии для изучения строения Земного шара.

Геофизические методы разведки основаны на изучении физических полей, как естественных, так и искусственно созданных.

2. Разведочная геофизика по изучению различных физических полей Земли разделена на ряд **методов** - магниторазведку, гравиразведку, электроразведку, сейморазведку, радиометрию.

С помощью *магниторазведки* изучают особенности магнитного поля. *Гравиразведка* - основана на изучении гравитационного поля Земли. *Электроразведка* - изучает электромагнитные поля естественного и искусственного происхождения. Методами *сейморазведки* исследуют особенности распространения упругих колебаний в горных породах. *Ядерно-геофизическая разведка* включает в себя группу методов, основанных на изучении естественной и искусственной радиоактивности пород. Геофизические методы, используемые для исследования в скважинах и около скважинном пространстве, называют *скважинной геофизикой*.

Геофизические методы применяют в различных условиях – на земле, в воздухе, космическом пространстве, морских средах, скважинах, шахтах и других горных выработках. Для более эффективного решения геологических задач необходимо использовать в каждом районе не один, а несколько методов геофизики, т. е. применять комплекс геофизических методов.

3. Физические поля и аномалии.

Поля физические - это формы материи, связывающие частицы вещества друг с другом в единые системы и передающие с конечной скоростью действия одних частиц на другие.

Физическое поле Земли или отдельных его территорий называется геофизическим полем.

Различают геофизические поля нормальные и аномальные. *Нормальное поле* получают в результате усреднения измеренных величин на какой-то территории. *Аномальное геофизическое поле* - поле отклонения наблюдаемых величин от значений нормального поля. Для измерения физических полей используют различные приборы. Геофизические поля в большинстве случаев изучают по прямолинейным направлениям, называемым профилями или маршрутами.

4. Все исследования проводят в три этапа: геологическое картирование, поиск и разведка. Геологическое картирование позволяет определить перспективные участки в пределах которых проводят поисковые работы. Обнаруженные месторождения полезных ископаемых передают разведки, целью которой является определение строения, формы и размеров залежей и запасов месторождения.

В малоизученных районах проводят *мелкомасштабную* съемку 1: 200000, 1:1000000; *поисковые работы* проводят масштабом 1:100000 - 1:25000. Результатом этих работ может быть открытие перспективных районов, в пределах которых выполняют *детальные работы* масштабом 1:10000 – 1: 2000.

Сеть наблюдений – расстояние между точками наблюдения (пикетами) и между профилями называют сетью наблюдения. *Густота сети наблюдения* зависит от масштаба съемки; и от поставленных задач.

Данные полевых наблюдений заносят в специальные журналы. Перед началом и в конце рабочего дня отмечают дату наблюдений, а в течении дня - *привязку* точек наблюдений (номер профиля, пикет) измеряемые величины и другие данные.

5. В геофизике разработаны математические основы решения двух главных задач: 1) определение физических полей по известным параметрам геологических объектов - это *прямая задача геофизики*; 2) определение параметров геологического объекта его размеров, формы по наблюденному физическому полю – это *обратная задача геофизики*.

Во всех геофизических методах способы изображения физических полей одинаковы и сводятся к построению графиков, карт графиков, карт изолиний, геолого - геофизических разрезов.

Контрольные вопросы

1. Что изучает геофизика?
2. Перечислите геофизические методы?
3. Прямая задача геофизики?
4. Обратная задача геофизики?
5. Назначение сети наблюдения?
6. Каким масштабом проводятся детальные геофизические исследования?
7. Определение аномального геофизического поля?

Урок № 2

Тема № 2

Теоретические основы магниторазведки.

План

1. Характеристика магнитного поля.
2. Магнитное поле земли.
3. Элементы магнитного поля земли.
4. Нормальное магнитное поле Земли и аномалии.
5. Магнитные свойства горных пород.
6. Палеомагнетизм.

1. **Магниторазведка** основана на изучении земного магнитного поля и магнитных свойств горных пород и руд.

Магнитное поле появляется в результате взаимодействия электрически заряженных частиц и обнаруживается по его действию на проводники с током и магнитные стрелки. Основная характеристика магнитного поля – векторная величина **В** называемая *магнитной индукцией*. Направление вектора магнитной индукцией совпадает с направлением силы, действующей на северный конец магнитной стрелки, помещенной в данную точку поля. **Единицей измерения** магнитной индукции является в системе СИ тесла (Тл), в полевых измерениях нанотесла (нТл), $1\text{нТл} = 10^{-9}\text{Тл}$. Магнитная индукция зависит от свойств среды.

Второй широко применяемой характеристикой магнитного поля, наблюденного в некоторой среде, является, **напряженность магнитного поля Т**. Этот параметр характеризует поле, не искаженного влиянием среды.

В системе СИ напряженность магнитного поля выражается в амперах на метр (А\М), на практике используется эрстеды, миллиэрстеды и гаммы: $1\text{Э} = 1000\text{ мЭ} = 10^5\text{ гамма} = 10^3 \sqrt{4\pi} \text{ А\м}$.

Модули векторов В и Т связаны с зависимостью $B = \mu T$, где μ - относительная магнитная проницаемость среды. Значение μ для воздуха и воды = 1.т.к. полевые наблюдения проводятся в этих средах, то 1нТл соответственно 1 гамма.

2. Магнитное поле земли.

Земля представляет собой гигантский магнит, вокруг него распространяется магнитное поле – магнитосфера. Очертания магнитосферы имеют следующую форму, похожую на медузу, голова которой соответствует сжатой части магнитосферы, обращенной в сторону солнца, а хвост вытянутые силовые линии поля, сносимые в сторону солнечным ветром. Магнитное поле Земли на пути заряженных частиц иногда устраивает своеобразные ловушки, попадая в которые, частицы застревают и не могут выбраться – эти зоны называют *радиационными поясами*. В магнитном поле земли, как и в поле постоянного магнита или поле диполя, помещенного в центре земли, имеются 2 полюса, геомагнитные полюса.

3. Элементы магнитного поля земли.

Магнитное поле земли в каждой пространстве характеризуется вектором напряженности, величина и напряженность которого меняются. На полюсах вектор T вертикален, а на экваторе горизонтален, от полюса к экватору он изменяется постепенно. На территориях СНГ вектор T направлен под прямым углом к поверхности. При изучении геомагнитного поля условились использовать единую систему прямоугольных координат x, y, z , у которой оси x, y горизонтальны, а ось z , вертикальна. Полный вектор T в большинстве точек земной поверхности не совпадает ни с одной из осей. Проекцию T на вертикальную плоскость называют вертикальной составляющей и обозначается Z . Проекцию на горизонтальную плоскость – горизонтальной составляющей H . Разложив H на оси x, y , получают северные и восточные составляющие x, y . Угол между географическим меридианом и магнитным отсчитанный по часовой стрелке, называется магнитным склонением и обозначается D . Угол между географическим меридианом (x) и магнитным (H) отсчитанный по часовой стрелке, называется магнитным склонением и обозначается D . Угол между \vec{T} и \vec{H} называется наклонением и обозначает J . Составляющие $\vec{Z}, \vec{H}, X, Y, D$ называются *элементами магнетизма*.

4. Нормальное Магнитное поле Земли и аномалии.

Многочисленные измерения напряженности магнитного поля Земли позволили установить его сложную характеристику. Поле связанное с электрическими токами в ядре Земли, называется *полем диполя* и обозначает \vec{T}_d . Каждый материк сложен из различных горных пород и дополнительно создает *материковое магнитное поле* \vec{T}_m . Мелкие геологические тела создают *локальные поля* \vec{T}_l .

Результирующие магнитные поля состоят из суммы этих полей $\vec{T} = \vec{T}_d + \vec{T}_m + \vec{T}_r + \vec{T}_l$.

Поле диполя и материковое поля (\vec{T}_d, T_m) обусловлены внутренними причинами, т.е. источниками находящимися внутри Земли. Территория СНГ находящаяся на одном материке, поэтому во всех пунктах нашей страны сумма ($\vec{T}_d + \vec{T}_m$) почти одинакова; ее назвали нормальным магнитным полем, обозначив $\vec{T}_0 = \vec{T}_d + \vec{T}_m$. Сумма полей ($T_r + T_l$) зависит от геологического строения и во всех пунктах разная; ее назвали **магнитной аномалией** и обозначают $\vec{T}_a = \vec{T}_r + \vec{T}_l$. Чтобы определить величину магнитной аномалии, необходимо от величины общего магнитного поля T отнять нормальное значение:

$$T_a = \vec{T} - \vec{T}_0.$$

Изменение магнитного поля земли во времени называется *магнитной вариацией*.

5. Магнитные свойства горных пород.

Все горные породы, находящиеся в магнитном поле, намагничиваются по-разному, так как магматические, метаморфические, осадочные горные породы обладают различными магнитными свойствами.

Одним из магнитных свойств является *магнитная восприимчивость* $\acute{\alpha}$.

Величина $\acute{\alpha}$ свидетельствует о способности г.п. намагничиваются в одном и том же поле по-разному. По величине $\acute{\alpha}$ все минералы делятся на 3 группы: диамагнитные, парамагнитные и ферромагнитные.

6. Палеомагнетизм.

Очень ценные сведения о далеком историческом и геологическом прошлом магнитного поля Земли дают *палеомагнитные исследования*, при которых определяют вектор естественной остаточной намагниченности I_n различных горных пород. Палеомагнитные исследования иногда помогают решить

важные геологические задачи: установить возраст пород или характер тектонических процессов в исследуемом районе.

Контрольные вопросы

1. Какими характеристиками характеризуется магнитное поле Земли?
2. Единица измерения магнитной индукции?
3. Назовите элементы магнетизма?
4. Магнитная восприимчивость это?
5. Магнитная вариация это?
6. Какое поле называют нормальным магнитным полем?
7. Какое поле называют аномальным магнитным полем?
8. Как разделяют минералы по магнитным свойствам?

Урок № 3

Тема №3 (практика)

Измерительная магниторазведочная аппаратура и оборудование

План

1. Общие сведения о магнитометрах.
2. Оптико- механические магнитометры.
3. Протонные магнитометры.
4. Квантовые магнитометры.
5. Феррозондовые магнитометры.

1. Измерения магнитного поля Земли и его вариаций проводят как на стационарных пунктах - магнитных обсерваториях, которых насчитывается на Земле около 150, так и при магниторазведочных работах. Абсолютные определения полного вектора напряженности геомагнитного поля сводятся к измерению, как правило, трех его элементов. Для этого применяют сложные трехкомпонентные магнитные приборы, которые называются магнитными теодолитами и вариационными станциями.

При геологической разведке измеряют абсолютные и относительные (по отношению к какой-нибудь исходной (опорной) точке) элементы.

Приборы для магнитной разведки – магнитометры, характеризуются разнообразием принципов устройства. В основном используются четыре типа магнитометров - оптико-механические, феррозондовые, протонные и квантовые.

2. Оптико-механические магнитометры.

Чувствительная магнитная система оптико-механических магнитометров состоит из магнита, который может вращаться либо вокруг вертикальной оси (подобно магнитной стрелке в компасе) для измерений приращений горизонтальной составляющей, либо вокруг горизонтальной оси для измерения приращений вертикальной составляющей. Сняв отсчеты по магнитометру в двух точках, можно определить приращение, где Δ - цена деления магнитометра. Ее определяют путем градуировки с помощью эталонировочных магнитов. На этом принципе был построен магнитометр, названный весами Шмидта, применявшийся в магниторазведке для измерения H свыше 50 лет. Среди отечественных магнитометров к этому типу относились полевые приборы М-2, М-18, М-27, а также приборы для измерения магнитных свойств образцов М-14 и астатические магнитометры.

3. Ядерно-прецессионные (протонные) магнитометры.

Чувствительным элементом протонного магнитометра является жидкость, богатая протонами (вода, спирт). Сосуд с этой жидкостью помещается внутри питающей (поляризационной) катушки, в которой с помощью постоянного тока от батарейки создается магнитное поле. Его надо направить перпендикулярно полному вектору магнитного поля Земли в данной точке. Жидкость

"намагничивается" в течение примерно двух секунд, и все протоны, которые можно считать элементарными магнетиками, устанавливаются вдоль намагничивающего поля. Затем намагничивающее поле быстро выключается. Протоны, стремясь установиться вдоль вектора, колеблются (прецессируют) вокруг него и индуцируют в измерительной катушке очень слабую ЭДС, частота которой пропорциональна величине напряженности поля. На этом принципе были изготовлены отечественные магнитометры: полевой (МПП-203) с погрешностью измерений до 2 нТл, а также аэромагнитометр (МСС-214) и гидромагнитометр (ММП-3) с погрешностями порядка 3 нТл.

4. Квантовые магнитометры.

Магнитометр М-33 применяется для измерения магнитной индукции, как в относительных, так и в абсолютных величинах. Он характеризуется высокой чувствительностью (0,1-1 нТл), большой стабильностью, высокой производительностью.

Магнитометр М-33 позволяет выполнять измерения при замедлении движения около пункта наблюдения. Работать можно при ручном, и при автоматическом режимах регистрации, интервал между измерениями 15-30-60 секунд.

Принцип действия оптическая накачка, основанная на эффекте Зеемана: длина волны света, испускаемые атомами вещества, изменяется под действием магнитного поля.

5. Феррозондовые магнитометры.

Измерителем поля в феррозондовом магнитометре является феррозонд, представляющий собой катушку с ферромагнитным сердечником. Первичная обмотка сердечника возбуждается от вспомогательного звукового генератора частотой 200 гц. Под его воздействием меняется магнитная проницаемость материала сердечника, а это, вследствие законов индукции, приводит к тому, что во вторичной обмотке катушки возникает электродвижущая сила, пропорциональная вектору напряженности магнитного поля Земли, направленному вдоль оси сердечника.

На феррозондовом принципе изготавливались отечественные аэромагнитометры - АЭМ-49, АМ-13, АММ-13, АСТ-46, АМФ-21 и др. На ленте, кроме напряженности поля, записываются высота полета, марки времени, отметки ориентиров или синхронных аэрофотоснимков. Аэромагнитометры устанавливаются на самолетах легкого типа или на вертолетах. Погрешности измерений - аэромагнитометрами не превышают 20 нТл.

Контрольные вопросы

1. Принцип действия протонного магнитометра?
2. Принцип действия оптико-механического магнитометра?
3. Какой из магнитометров может работать в автоматическом режиме?
4. Назначение феррозондового магнитометра?

Урок № 4

Тема № 4

Методика и техника проведения магниторазведочных работ.

План

1. Виды магнитных съемок, масштабы.
2. Особенности методики наземной магнитной съемки.
3. Методика аэромагнитной съемки.

1. Виды магнитных съемок, масштабы.

Под методикой полевых работ понимают, систему приемов выполнения этих работ. Методика полевых работ определяется: 1) видом съемки; 2) точностью съемки, масштабом и сечением изолиний отчетной карты; масштабом графиков; 3) системой расположения и густотой рядовых пунктов наблюдений; системой исходных, контрольных и опорных пунктов; 4) методикой полевых измерений; 5) точностью и методикой геодезических работ.

Магнитные съемки делятся на воздушные, наземные и морские.

Воздушные съемки проведены по всей территории СССР в масштабах 1:1 000 000 и 1: 200 000 с целью геологических картирования. Полученные материалы послужили для выяснения простираения крупных

структур, интрузий, зон тектонических нарушений. В настоящее время воздушную съемку применяют в масштабах 1: 50 000; 1:25 000; 1: 10 000; 1:5 000.

Детальные поиски месторождений с помощью магнитной съемки выполняются в масштабах 1: 10 000; 1: 5000; 1: 2000; 1: 1000 на площадях, выделенных по материалам воздушной и наземной съемки. По результатам детальных работ производят расчет размеров, формы и глубины залегания рудных тел.

Все работы по точности дел на 3 вида:

1). пониженной ± 15 нТл; 2) средней $\pm 15 - 5$ нТл; 3) высокой - ± 1 нТл и менее.

2. Особенности методики наземной магнитной съемки.

Площадные съемки по определенной сети наблюдений являются самыми предпочтительными.

Расстояние между профилями и пунктами выбирают в зависимости от размеров и формы искомым объектов и аномалий.

Все магниторазведочные работы проводят относительно **контрольного пункта КП**. КП служит для определения приращения поля в других точках. По замерам на КП следят за техническим состоянием прибора (смещение нуля пункта прибора). Почти все магнитометры оптика – механические имеют недостатки – смещение нуля пункта, т.е. изменение отсчета во времени на одном пункте по тех. причинам.

КП выбирают на участке работ около лагеря в спокойном магнитном поле.

В районе выявленных аномалий выполняются более детальные наблюдения и с особой тщательностью. Иногда проводят микромагнитную съемку на небольших площадях (100×100м).

3. Методика аэромагнитной съемки.

Аэромагнитные съемки с летящего самолета или вертолета отличаются от наземных съемок большей скоростью перемещения аппаратуры по профилю. С удалением магнитной системы от земной поверхности величина напряженности поля убывает, необходимо выдерживать одинаковую высоту полета вдоль всех профилей.

Высота зависит от масштаба, точности, рельефа местности и принимается 25-150м. В разрешенных условиях масштаба 1:200000, 1:1000000 рейсы выполняются на высоте 200-250м. Все ПР прокладывают с обтеканием генеральных форм рельефа. Для решения этих специальных задач съемки выполняются на высоте 700, 1000 и более метров.

Рядовые маршруты прокладывают друг от друга на одинаковом расстоянии и выкrest простираения геологических структур. Привязка рядовых маршрутов к местности осуществляется с помощью радиогодезического и аэрофотогедезического способа.

Аэромагнитные съемки проводят относительно **контрольного маршрута (КМ)**. КМ - это короткий 10-20км. маршрут, выбранный вблизи аэродрома в спокойном магнитном поле, лучше всего на водной поверхности. При аэромагнитной съемке прокладывают **секущие, повторные и повысотные** маршруты. Секущий маршрут перпендикулярен к рядовым. Объем секущих профилей 1,5-2% от общего числа профилей. Их используют для определения качества работ.

Повысотные маршруты прокладывают только в районе перспективных магнитных аномалий.

Пролетают один маршрут не менее 3-х раз, на разных высотах. Затем определяют глубины до объекта, используя графики напряженности на разных высотах.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под методикой проведения магниторазведочных работ?
2. Виды работ по точности наблюдений?
3. Как проводят контрольный маршрут при аэромагниторазведочных работах?
4. Высоты на которых проводят аэромагнитную съемку?

Урок № 5 Тема № 5.

Камеральная обработка полевых материалов наземной и воздушной магнитных съемок

План

1. Вычисление аномальных значений ΔZ_A , ΔT_A .
2. Качественная интерпретация.
3. Количественная интерпретация.
4. Область применения магниторазведки.

1. Аномальные значения магнитного поля вычисляют путем введения поправок учитывающих влияние на отчет различных физических явлений. Результат записывают в полевой журнал.

За величину нормального поля принимают утренний замер на КП, который вычитают из отчетов на всех пунктах.

Поправку за магнитные вариации снимают с магнитной вариационной ленты по времени замера на пункте и вносят с обратным знаком.

Поправку за смещение нуля-пункта вносят после введения всех перечисленных поправок. Ее определяют как разность замеров на КП утром и вечером и разбрасывают пропорционально времени наблюдения по всем пунктам с обратным знаком.

Аномальное значение ΔT_A , ΔZ_A находят суммированием отчета с рассчитанными поправками.

Результаты полевых магниторазведочных работ представляют в виде карт графиков ΔT , ΔZ карт изолиний, которые в магниторазведке называют картами изодинам ΔZ или ΔT .

Выполнить геологическую интерпретацию результатов магнитной съемки - это значит дать геологическое истолкование всем выявленным магнитным аномалиям. Форма и размеры аномалий связаны с геометрической характеристикой объекта и его положением в пространстве. Поэтому по форме аномалий можно предположить форму геологических объектов. Интерпретацию делят на два вида: качественную и количественную.

2. Качественную интерпретацию проводят по результатам всех видов магнитных съемок. Для выполнения качественной интерпретации тщательно анализируют результаты всех проведенных работ и учитывают условия залегания отдельных геологических тел, их форму, размеры, глубину, магнитные свойства, форму кривых над ними.

Примеры качественной интерпретации некоторых форм кривых.

Если аномалия изометричная одного знака, то она соответствует столбообразным залежам (рис. а).

Аномалия, у которой обе ветви уходят в отрицательное поле, отвечает телам небольшого распространения на глубину (б).

3. Количественную интерпретацию материалов магнитной съемки проводят по результатам детальных работ. Интерпретация результатов магнитной съемки – сложна. Так как магнитное поле зависит не только от формы и размеров, но и от других факторов. Геологические объекты могут быть намагничены в разных направлениях, и поэтому форма и интенсивность аномалии от одинаковых тел от этого может быть различная. Магнитное поле складывается из двух полей: из поля индукционного намагничивания и поля остаточного намагничивания тел. Количественная интерпретация необходима, задача эта сложная и состоит в определении намагниченности объекта, объема, размеров рудных тел, угла падения и глубины их залегания. Количественные расчеты проводят по аналитическим формулам, различным графическим палеткам, атласам и палеткам теоретических кривых, интегральными методами.

На практике часто для одной аномалии выполняют вычисления различными приемами, а за истинный результат принимают среднее значение.

4. Область применения магниторазведки.

В процессе геологического картирования магниторазведку применяют для выявления и прослеживания тектонических нарушений, представленных гидротермально измененными немагнитными породами, или дайками высокомагнитных пород.

Основные запасы железа сосредоточены в залежах - гематито-магнетитов среди железистых кварцитов, магнетита-гематитов на контактах изверженных пород и известняков, а также гематит—сидерит-шамозитовых руд в осадочных породах.

Магниторазведка применяется для поисков других полезных ископаемых, содержащих в некоторых количествах ферро магнитные минералы.

В некоторых случаях с помощью магниторазведки выделяют каменные бокситы, содержащие магнетит и гематит.

Контрольные вопросы

1. Область применения магниторазведки?
2. Сущность качественной интерпретации?
3. Сущность количественной интерпретации?
4. Как вычисляют аномальное значение ΔT_a , ΔZ_a ?

Урок № 6

Тема № 6

Теоретические основы гравиразведки.

План

1. Закон всемирного тяготения.
2. Ускорение свободного падения.
3. Понятие о нормальном гравитационном поле Земли.
4. Редукции силы тяжести.
5. Гравитационный потенциал и его производные.
6. Плотность горных пород.

1. Закон Всемирного тяготения (Исаак Ньютон):

если две точечные гравитационные массы m_1 и m_2 находятся на расстоянии r , то между ними существует сила взаимного притяжения F , направленная по прямой, соединяющая центры масс, и равная произведению масс, деленному на квадрат расстояния между ними: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$, где G – гравитационная постоянная ($G = 66,73 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3 / (\text{кг} / \text{с}^2)$)

Этому закону подчинено взаимодействие между землей и всеми массами, расположенными на ней.

Масса, какого либо тела в воздухе определяется как произведение объема V на плотность этого тела σ : $m_1 = V \sigma_1$.

Геологические тела находятся в Земле, плотность которой не равна 0. Поэтому надо учитывать влияния геологического объекта вмещающих пород. Если плотность вмещающей среды обозначить σ_0 , плотность объекта σ_1 , то гравитационная аномалия будет обусловлена избыточной массой:

$m_1 = V \sigma_1 (\sigma_1 - \sigma_0)$, где $\sigma_1 - \sigma_0$ - разность плотности объема и вмещающей среды, получившая название избыточной плотности тел.

2. Ускорение свободного падения.

В гравиразведке изучается естественное поле силы тяжести Земли, которое называют гравитационным полем.

Всякое тело на земле находится под действием двух сил: силы притяжения Земли F и центробежной силы P , возникающей в следствии суточного вращения Земли вокруг своей оси.

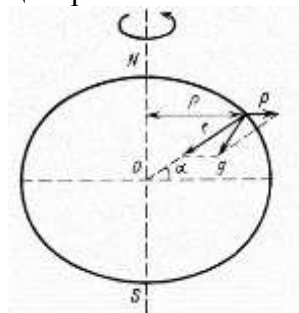


Рис. 1. Ускорение силы тяжести и его составляющие

Равнодействующая этих двух сил называется *силой тяжести* и обозначается g . (Рис.1). Сила тяжести увеличивается от экватора к полюсам.

$$g = G M / R^2, \quad \text{где}$$

M – масса Земли; R – радиус Земли.

Сила тяжести представляет собой напряженность гравитационного поля и численно равна ускорению свободного падения, сообщаемого единичной массы. В международной системе единиц ускорения свободного падения выражается в $\text{м} / \text{с}^2$,

на практике используется галлы: $1 \text{ Галл} = 10^{-2} \text{ м} / \text{с}^2$.

На практике в гравиразведке применяют более мелкую единицу - миллиГалл; $1 \text{ мГал} = 10^{-5} \text{ м} / \text{с}^2$. Среднее значение ускорения свободного падения $= 9,81 \text{ м} / \text{с}^2$.

3. Нормальным гравитационным полем Земли называют теоретически рассчитанное поле в предположении, что Земля имеет правильную геометрическую форму (сфероид) и состоит из однородных по плотности слоев: поверхность сфероида совпадает с уровнем моря.

Нормальное значение ускорения свободного падения γ_0 рассчитана Кассинисом, и принята на международном конгрессе в 1930 году:

$$\gamma_0 = 9,78049 (1 + 0,0052884 \sin^2 \varphi - 0,00000 59 \sin^2 2\varphi) - 14 \cdot 10^{-5} \text{ м} / \text{с}^2;$$

где φ – широта пункта наблюдения.

В СНГ нормальным ускорением свободного падения учитывается по формуле:

$$\gamma_0 = 9,78030 (1 + 0,005302 \sin^2 \varphi - 0,00000 7 \sin^2 2\varphi) - 14 \cdot 10^{-5} \text{ м} / \text{с}^2;$$

Аномалией ускорения свободного падения называют отклонение измеренного значения ускорения от вычисленного нормального значения.

4. Редукции силы тяжести.

В наблюдаемые значения силы тяжести вводятся поправки (*редукции*). Введение поправок необходимо потому, что нормальные значения относятся к поверхности геоида, которая совпадает с уровнем океана, а измеренные значения относятся к действительной (реальной) земной поверхности. Для того, чтобы все наблюдения силы тяжести были сопоставимы, их приводят к одной поверхности - уровню геоида, т.е. как бы опускают точку наблюдения на этот уровень. Это осуществляется путем введения поправок за высоту, за притяжение промежуточного слоя и окружающий рельеф. Поправки называются редукциями.

Основными из них являются: поправка за высоту, за притяжение промежуточного слоя, за рельеф.

5. Потенциал силы тяжести.

Потенциал силы тяжести (W) был введен в теорию гравиметрии для облегчения решения теоретических задач. В точке A , расположенной на расстоянии r_A от центра Земли, выражение для потенциала принимается равным: $W_A = GM/r_A$.

Производные потенциала силы тяжести.

Производные потенциала силы тяжести по трем координатным осям x , y , z однозначно определяют его полный вектор. Ось x направлена на север, ось y на восток, а ось z вниз. При таком расположении осей первые производные гравитационного потенциала в точке O по x и y будут равны нулю, а составляющая $z \, dW/dz = W = g$.

6. Плотность горных пород.

Для постановки гравиразведки и особенно истолкования результатов необходимо знать плотность горных пород - ρ , ибо это единственный физический параметр, на котором базируется гравиразведка.

Плотностью породы (или объемным весом) называется масса (m) единицы объема породы (V).

Плотность измеряют в $\text{г} / \text{см}^3$. Обычно плотность определяется для образцов, взятых из естественных обнажений, скважин и горных выработок. Наиболее простым способом определения плотности образца является взвешивание образца в воздухе (ρ), и в воде (ρ) и затем расчет . На этом принципе построен наиболее распространенный и простой прибор для измерения плотности - денситометр, позволяющий определять с точностью до $0,01 \text{ г} / \text{см}^3$.

Для достоверности и представительности измерения следует производить на большом количестве образцов (до 50 штук). По многократным измерениям плотности образцов одного и того же литологического комплекса строятся вариационная кривая или график зависимости значений от количества образцов, обладающих данной плотностью. Максимум этой кривой характеризует наиболее вероятное значение плотности для данной породы. Существуют гравиметрические и другие геофизические способы полевых и скважинных определений плотности.

Плотность горных пород и руд зависит от химико-минералогического состава, т.е. объемной плотности твердых зерен, пористости и состава заполнителя пор (вода, растворы, нефть, газ). Плотность изверженных и метаморфических пород определяется в основном минералогическим составом и увеличивается при переходе от пород кислых к основным и ультраосновным. Для осадочных пород плотность определяется прежде всего пористостью, водонасыщенностью и в меньшей степени составом. Однако она сильно зависит от консолидации осадков, от их возраста и глубины залегания, с увеличением которых она растет. Примеры плотности даны в таблице 1.

Т а б л и ц а 1.

Порода	Плотность (г/см ³)
Нефть	0,8 - 1,0
Песок	1,4 - 2
Глина	2 - 2,2
Песчаник	1,8 - 2,8
Известняк	2,3 - 3,0
Соль	2,1 - 2,4
Гранит	2,4 - 2,9
Магнетит, гематит	4,9 - 5,2

Контрольные вопросы

1. Закон всемирного тяготения?
2. Избыточная плотность?
3. Прибор для измерения плотности горных пород и руд?
4. Как определяют нормальное гравитационное поле?
5. Редукция это?

Урок №7

Тема № 7

Основная гравиразведочная аппаратура, техника измерений.

План

1. Классификация гравиразведочной аппаратуры.
2. Гравиметры.
3. Вариометры и градиентометры.

1. Для измерения гравитационного поля в гравиразведки используют приборы трех типов.

- 1) Маятниковые приборы, основной частью которых является маятник, совершающий колебания в вертикальной плоскости. В этих приборах наблюдают за процессом движения маятника и измеряют непосредственно время одного колебания. Период колебания маятника зависит от величины ускорения свободного падения.
- 2) Гравиметры, система которых представлена гравитационной постоянной массой m , подвешенной на пружине. Вес груза изменяется в зависимости от величины ускорения свободного падения. По изменению деформации пружины можно определить относительное измерение ускорения.
- 3) Гравитационные вариометры и градиентометры, система которых представлена крутильными весами. На этих приборах измеряют вторые производные гравитационного потенциала.

2. В практике гравиразведки применяются в основном статические **гравиметры**. Они основаны на компенсации силы тяжести силой упругости пружины или силой кручения нити. Гравиметры служат лишь для относительных измерений ускорения силы тяжести. Абсолютное значение g_i в i -той точке получают, суммируя известное $g_{исх}$ на исходной точке и измеренное приращение ускорения силы тяжести Δg_i между i -той и исходной точками.

На практике обычно используются гравиметры второго рода. В зависимости от материала, из которого изготовлена чувствительная система прибора, их делят на кварцевые, металлические и кварцево-металлические. Наибольшее распространение получили кварцевые гравиметры, например, отечественные ГАК-4М, ГАГ-2, ГНУ-КС и др. весом до 5 - 6 кг. Поскольку свойства кварца зависят от температуры, чувствительные системы помещают в термостатированные сосуды. Однако гравиметры обладают существенным недостатком - сползанием нуля-пункта, которое необходимо учитывать.

3. Вариометры и градиентометры.

Для измерения вторых производных потенциала силы тяжести применяют вариометры и градиентометры. Гравитационные вариометры 1-го рода измеряют ($W_{yy} - W_{xx}$) и W_{xy} 2-го рода – W_{xz} , W_{yz} , ($W_{yy} - W_{xx}$), W_{xy} . Для измерения вертикального градиента силы тяжести используются наблюдения гравиметрами на двух высотах. Гравитационные горизонтальные градиентометры измеряют W_{xz} , и W_{yz} .

Чувствительным элементом данных приборов являются крутильные весы, представляющие собой коромысло с двумя грузиками равной массы на концах, закрепленные на вертикальной нити. Один грузик располагают выше другого, вследствие чего крутильные весы имеют вид, показанный.

Контрольные вопросы

1. Классификация гравиразведочной аппаратуры?
2. Назначение гравиметров?
3. Вариометры и градиентометры - назначение, принцип работы?

Практическая работа

Тема: Ознакомление с гравиметром ГНУ - КВ.

Цель: Изучить назначение, устройство, освоить работу с гравиметром и выполнение основных регулировок.

Наглядные пособия и оборудование: плакаты, гравиметр, источник питания, источник питания.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с устройством гравиметра по чертежам и рисункам.
2. Освоить процесс проверки и корректировки настройки уровней.
3. Снять показания с прибора.

Выполнение работы:

По внешнему виду гравиметры типа ГАК-ПТ, ГНУ-К, ГНУ-КВ, ГНУ-КС несколько отличны друг от друга. Однако по устройству они практически не отличаются. Прибор состоит из внешнего корпуса и средней части. В нижней части корпуса прибора имеется подставка с тремя подъемными винтами для нивелирования гравиметра. Корпус прибора покрывается светлой краской или светоотражающим покрытием и оснащается ручкой для переноски прибора. Внутри корпуса помещается теплозащитный слой и сосуд Дьюара для защиты чувствительной системы от колебаний температуры наружного воздуха. Непосредственно внутрь сосуда Дьюара помещается средняя часть гравиметра.

Средняя часть гравиметра состоит из корпуса кварцевой системы, теплозащитного столба и панели.

Кварцевая система гравиметра помещается внутри корпуса, представляющего собой металлическую камеру.

Для исключения влияния колебаний атмосферного давления на показания гравиметра корпус кварцевой системы герметизируется. Камера корпуса кварцевой системы вакуумируется.

Теплозащитный столб представляет пустотелый цилиндр из теплоизоляционного материала, внутри которого проходят трубки осветителя, микроскопа, диапазонного и измерительного устройств.

На панели гравиметра укреплены окуляр микроскопа, патрон лампочки осветителя, микрометр отчетного устройства, пара уровней для нивелирования гравиметра и гнезда для подключения источника питания. Отверстие трубки диапазонного устройства закрывается пробкой.

Микрометр отчетного устройства представляет собой счетчик целого числа оборотов и лимб для отсчета долей оборота микровинта.

Настраивают диапазон измерений специальными диапазонными ключами через отверстие в верхней части панели гравиметра.

Настройка продольного уровня гравиметра.

1. Установить прибор на прочном основании, отnivelировать, подключить источник питания и взять отчет.
2. Наклонить гравиметр путем поворота на 2-3 деления шкалы подъемного винта, ориентированного вдоль плоскости оси продольного уровня. Отчетным устройством вывести индекс на нулевое деление шкалы микроскопа и взять второй отчет. Если отчет увеличился, то наклонять прибор больше не следует.
3. Наклонить гравиметр точно таким же образом в противоположном направлении относительно горизонта и взять отчет. Если отчет больше, чем при горизонтальном положении прибора, то продольный уровень настроен правильно.
4. Если при наклоне прибора, в какую либо сторону отчет уменьшается по сравнению с исходным отчетом при горизонтальном положении уровней, то следует и дальше наклонять прибор в этом же направлении, поворачивая подъемный винт каждый раз на 2-3 деления и беря последовательно отчет по счету оборотов измерительного устройства. Такие операции выполняются до тех пор, пока отчеты не начнут увеличиваться. В положении наклона гравиметра, соответствующем переходу отчетов от убывания к возрастанию, необходимо вывести с помощью отвертки продольный уровень прибора в горизонт, вращая регулировочный винт оправы уровня.
5. Построить график зависимости показаний гравиметра от его наклона по результатам измерений при разных углах наклона прибора относительно горизонта. Этот график должен представлять собой параболу, обращенную выпуклостью книзу.

Настройка поперечного уровня гравиметра.

Последовательность настройки поперечного уровня такая же, как и при регулировании продольного уровня. Однако наклон прибора производится в плоскости, параллельно оси данного уровня с помощью двух других подъемных винтов корпуса, вращаемых на встречу друг другу.

Снять показания с гравиметра.

Результат работы.

1. Описать устройство и назначение основных узлов и деталей гравиметра.
2. Кратко описать процесс настройки уровней гравиметра.
3. Провести настройку уровней гравиметра.
4. Построить график зависимости показаний гравиметра от его наклона.
5. Представить для проверки настроенный гравиметр.
6. Снять показания с помощью гравиметра.

Урок № 8

Тема № 8

Методика полевых гравиразведочных работ

План

1. Площадная съемка.
2. Опорная сеть.
3. Погрешность наблюдений.

Наземная гравиметровая съемка.

Наземная съемка с гравиметрами иногда называется гравиметровой. Чаще всего применяется пешеходная съемка, реже для перемещения между пунктами используется автотранспорт. Его применение позволяет сократить промежутки времени между наблюдениями на разных точках, что повышает производительность работ, а также их точность, поскольку позволяет снижать влияние сползания нуля-пункта. Однако использование автотранспорта повышает стоимость работ и часто неосуществимо из-за отсутствия дорог. Эпизодически (как правило, при мелкомасштабных съемках) применяется авиатранспорт.

1. Обычно используется площадная съемка, при которой некоторый участок покрывается сетью наблюдений. Маршрутная съемка проводится по отдельному профилю и не дает достаточной информации о структуре поля. Она применяется лишь при рекогносцировочных и поисковых работах.

Одним из важнейших этапов методики является выбор масштаба съемки. От него зависит и густота сети, поскольку расстояние между профилями на итоговой карте не должно превышать 1 см в масштабе съемки. Например, при проведении разведочной съемки в масштабе 1 : 10 000 расстояние между профилями должно составлять не более 100 м. Шаг по профилю (т.е. расстояние между точками профиля) либо равен расстоянию между профилями (при квадратной съемке), либо меньше него, но не более чем в 5 раз (при прямоугольной съемке). Профили располагаются вкрест ожидаемого простирания объектов аномальной плотности. Длина профиля должна в 5 - 10 раз превышать ширину искомых тел.

Для привязки точек на местности, внесения редукиций необходимо проведение геодезических работ, предшествующих гравиметрическим. Наличие заранее подготовленных топографических карт и карт

редукций существенно облегчает работу. Привязка точек производится по аэрофотоснимкам или с помощью теодолитных работ и нивелировки местности. Однако наиболее высокую точность обеспечивает привязка с помощью спутников. Для этого имеется специальная аппаратура, например, *GPS*.

Съемки проводятся *рейсами*, начинающимися и заканчивающимися на опорных пунктах. Часть рейса между двумя опорными пунктами называется звеном.

2. Для учета сползания нуля-пункта приборов и привязки наблюдений к единому общегосударственному уровню гравитационного поля на участке создают *полевую опорную сеть*. Она опирается на пункты общегосударственной опорной сети, на которой известны абсолютные значения ускорения свободного падения. При рядовой съемке по истечении данного промежутка (1 - 2 часа) необходимо брать замер на одном из *опорных пунктов*. Точность определения ускорения силы тяжести на опорных точках должна в 1,5 - 2 раза превышать точность рядовых наблюдений. Это достигается использованием более высокоточных приборов, многократными измерениями на опорных точках, сокращения промежутка времени между измерениями на соседних точках путем использования транспорта. При создании опорной сети от 50 до 100% всех наблюдений должны составлять повторные (контрольные). Существует несколько способов разбивки опорной сети. В нашей стране существует так называемая *государственная сеть*, включающая в себя пункты 1, 2 и 3 классов точности, на которых ускорение силы тяжести измерено с высокой точностью. Расстояния между этими пунктами составляют около 10 км, что не позволяет использовать их для выявления аномальных значений поля силы тяжести. Однако, поскольку на них известны абсолютные значения ускорения силы тяжести, к ним осуществляется привязка опорных сетей.

3. Съемка на рядовых пунктах ведется как путем однократных наблюдений, так и с повторениями при обратном ходе, позволяющем более гибко учитывать сползание нуля-пункта. Для контроля точности рядовой съемки используются повторные наблюдения на контрольных точках, составляющих не менее 5 - 10 % от общего числа точек. По ним рассчитывается среднеквадратичная ошибка рядовой сети по формуле:

$$\epsilon_{\text{ряд}} = \pm \sqrt{\sum \delta^2 / (N - n)}$$

где δ - отклонение измеренного значения Δg от среднего; N – общее число измерений; n - число пунктов измерений.

Контрольные вопросы

1. Что мы называем рейсом?
2. Назначение контрольных наблюдений?
3. Назначение контрольных пунктов?
4. Назначение опорной сети?
5. Сеть наблюдения?

Урок № 9

Тема № 9

Обработка результатов гравиметрических наблюдений

План

1. Общий порядок и последовательность обработки.
2. Геологическое истолкование результатов.
3. Выделения локальных аномалий.
4. Количественная интерпретация аномалий.

1. **Текущая обработка должна обеспечивать** контроль за качеством съемки и получение предварительных результатов. Она включает: обработку наблюдений, выполняющих в опорных и рядовых рейсах: улавливание опорных сетей, вычисление наблюденных значений g ; учет нормального поля; введение поправок за высоту, вычисления аномалий.

Камеральную обработку материалов выполняют после завершения полевых работ. Она включает: вычисление поправок за влияние рельефа местности; уточнение плотности промежуточного слоя; вычисления гравитационных аномалий; построение окончательных карт и графиков аномалий в различных: редукциях, проведение геологических интерпретации.

Последней вводят поправку за смещение нуля - пункта прибора, поправку вычисляют по измерениям на опорных пунктах. Вычисление за поправку нуля пункта вычисляют для каждого рядового рейса, как произведение величины смещения (за 1 мин) на приращение времени в минутах. Результаты вычисленных аномалий значений g_a изображены графически в виде карт и графиков.

Изолиниями соединяют ПК с одинаковыми значениями g_a , их проводят через интервал и называют сечением изоаномалий.

2. Геологическое истолкование результатов.

Геологическая интерпретация основано на решении обратной задачи. Для решения обратной задачи используется сведения о геологии района, плотностной характеристики пород и руд и следует использовать материал других геофизических методов. Исходными материалами для интерпретаций являются карты изоаномалий и графиков Δg , геологические разрезы и карты, результаты измерения физических свойств горных пород; материалы других геофизических методов.

Процесс интерпретации можно разделить на 3 основных этапа: *качественное истолкования результатов, выделение локальных аномалий и количественная интерпретация.*

Качественная интерпретация заключается выяснения геол. природы аномалий, их положение в пространстве на основании визуального анализа, морфологии (по карте, графикам) этого поля. В результате создается схема геологического строения изучаемого участка. Форма объектов, вызывающих аномалию, их простирание, примерные размеры, глубина залегания.

Форма аномалий зависит от форм объектов.

Изометрические аномалии могут быть созданы соляными куполами, кимберлитовыми трубками, гнездообразными рудными залежами, изометрическими интрузивными телами – штоками (объектами с повышенными плотностями) и т.п. Контакты пород, различающихся по плотности, характеризуются резким изменением гравитационных аномалий. Такое поле обуславливают сбросы, контакты крупных интрузий. По характеру нам можно судить о глубине залеганий и угле их падения. Чем круче крылья кривой, тем меньше глубина залегания. Если ветви симметричные, то тела имеют крутое падение. При несимметричных ветвях падение тел наклонное.

3. Выделения локальных аномалий.

Аномальное гравитационное поле в любой отображают воздействие всех аномальных масс Земли. Для решения конкретной геологической задачи необходимо из суммарного аномального поля выделить лишь ту, которая обусловлена воздействием интересующих нас объектов, исключено влияния всех остальных.

Аномалии от далеко расположенных объектов имеют не только значительную меньшую амплитуду по сравнению с аномалиями от близких, равных им по массе объектов, но и более сглаженную форму. Суммарное поле состоит из регионов и локальных аномалий. В настоящее время есть много способов преобразовать гравитацию полей.

Графический способ – выбирают несколько профилей и строят по ним графики Δg . Анализируя, графики проводят усредненную линию, или линию, совпадающую со значением гравитационного поля на большей части профилей, что будет соответствовать величине регионального фона. Локальные аномалий получают, вычитая из общего суммарного поля региональный фон.

4. **Количественная интерпретация аномалий** – заключается в определении формы, размеров, пространственного положения массы и возмущающих объектов. Ее проводят с помощью математических форм, графических палеток, атласов теоретических кривых с учетом геологической

информации, сведений о плотности пород. По результатам количественных информаций, составляют геолого-геофизические разрезы, структурные карты и вырабатывают рекомендаций для проектирования разведочного бурения или геофизических работ.

Аналитические способы рассчитаны для одиноких тел правильной геометрической формы. *Метод подбора* позволяет интерпретировать аномалиями более сложных форм.

Контрольные вопросы

1. Порядок текущей обработки материалов?
2. Камеральная обработка материалов?
3. Сущность и способы количественной интерпретации материалов?
4. Результат гравиметрических наблюдений?

Урок № 10

Тема № 10

Электроразведка

Физико - геологические основы метода.

План

1. Сущность электроразведки.
2. Классификация методов электроразведки.
3. Электрические свойства горных пород и руд.

1. Электроразведка – один из основных методов геофизики. Она основана на изучении естественных и искусственных электрических полей в земных недрах. Её широко применяют при геолого-структурных исследованиях, геологических картировании, поисках и разведке многих полезных ископаемых, при решении многообразных задач гидрогеологии, инженерной геологии, горного дела и другие.

Возможность применений электроразведки обоснована на изучении горных пород по электрическим свойствам. Характер электромагнитных полей определяется геоэлектрическим строением изучаемого участка, формой рудных тел, их размерами, углами падения, глубиной залегания.

Задача перед электроразведкой это построение геоэлектрического разреза исследуемого района. Зная электрические свойства горных пород, можно с помощью геоэлектрического разреза решить поставленные задачи.

2. Все методы по частоте электрического тока классифицируются:

- 1) методы постоянного электрического тока;
- 2) методы полей физико-химического происхождения;
- 3) методы переменных электромагнитных полей.

3. Электрические свойства горных пород и руд.

Электроразведка заключается в изучении разницы электрических свойств объекта поиска и вмещающих пород.

Удельное электрическое сопротивление ρ .

Его размерность определяют по формуле сопротивлений проводника: $R = \rho l/s$, $\rho = Rl/s$, где

l -длина проводника, м;

s -площадь поперечного сечения проводника, м².

Единица измерения сопротивления ρ - Ом·м.

Удельное электрическое сопротивление – это сопротивление, которое оказывает кубический метр горной породы электрическому току, направленному перпендикулярно к одной из граней.

Удельная электропроводимость - это величина обратная сопротивлению $\gamma = 1/\rho$. Единица измерения в системе СИ – сименс на метр (См/м).

Минералы по удельному сопротивлению делятся на 3 группы:

- 1) плохие проводники – $\rho > 10^8$ Ом·м. К ним относятся все силикаты, кварц, кальцит, каменная соль, самородная сера, слюды, нефть и другие.

2) средние проводники – $\rho = 10^2\text{-}10^7\text{ Ом}\cdot\text{м}$. Представлены некоторыми силикатами (серпентин), карбонатами (сидерит), многими окислами (гематит, ильменит, лимонит, хромит), некоторыми сульфидами (сфалерит, антимонит), бурыми и каменными углями, пресной водой и другие.

3) хорошие проводники – $\rho < 10\text{ Ом}\cdot\text{м}$. К ним относятся: самородная медь, серебро, большинство сульфидов, некоторые оксиды (магнетит, титаномагнетит), графит, антрацитовые угли, минеральные воды (пластовые, морские).

При беспорядочной ориентировке минералов и пор в горной породе ρ - сопротивление будет одинаковым в любом направлении. Такую породу называют *изотропной*, так как она пропускает ток во все стороны одинаково.

Породы, в которых минеральный скелет имеет втянутую форму, являются *анизотропными*, так как в разных направлениях ρ - сопротивление будет разным.

Способы создания искусственных полей в земле. Существует два основных способа создания искусственных электрических полей в земле: гальванический и индуктивный. Гальванический способ характеризуется тем, что два заземления погружаются в землю и присоединяются к полюсам источника постоянного или переменного тока. в качестве заземлителей применяют стальные стержни длиной 0,7-1,5 м и диаметром до 2см, называемые питающими электродами А и В.

При индуктивном способе источником поля является незаземленный контур, питаемый переменным током от какого-либо генератора. Преимуществом способа является что его можно применять в условиях скального грунта, где невозможно вбить электроды А и В в землю.

0,3 мВ.

Контрольные вопросы

1. Сущность электроразведки?
2. Классификация методов электроразведки?
3. Электрические свойства горных пород и руд?
4. Удельное электрическое сопротивление это?
5. Определение диэлектрической проницаемости горных пород и руд?
6. Способы создания искусственных электрических полей в земле?

Урок № 11

Тема № 11 (практика)

Аппаратура и оборудование, применяемые в методах постоянного тока

План

1. Краткая характеристика АЭ-72.
 2. Краткие сведения об электроразведочной станции.
 3. Источники питания, провода и другое оборудование.
-
1. В методах сопротивлений применяют электронный *стрелочный автокомпенсатор АЭ-72*, имеющий достаточно высокую чувствительность и большое входное сопротивление. Прибор предназначен для измерения разности потенциалов в приемной линии и силы тока в питающей линии. Прибор АЭ-72 оформлен в металлическом корпусе массой 4 кг. Переносится он с помощью ремней на груди оператора. На лицевой панели расположен стрелочный прибор, по шкале которого снимают отчет ΔU и I . Разность потенциалов измеряется прибором в диапазоне 0,3 мВ – 1В, сила тока 3 мА – 3А.
 2. Многоэлектродная электроразведочная станция "СКАЛА 48"



Описание

Многояэлектродная электроразведочная станция предназначена для работы методом сопротивлений: ВЭЗ, ЭП, 2D и 3D томографией. Генератор, измеритель и коммутатор в одном компактном корпусе. Подключив два 24-х электродных кабеля с шагом 5 метров между электродами, можно менее чем за 10 минут получить данные для построения геоэлектрического разреза по профилю длиной до 235 метров!!!

ВОЗМОЖНОСТИ АППАРАТУРЫ:

- интерактивный подбор параметров шаблона измерений;
- автоматическая проверка качества заземления электродов;
- оценка стабильности каждого измерения;
- визуальный инструментальный контроль качества данных;
- автоматическая фильтрация и сглаживание данных.

Портативный низкочастотный компьютеризированный электроразведочный прибор для работы в условиях промышленных помех и сложных заземлений

3. В качестве питания различных цепей применяют батареи сухих элементов, аккумуляторы, генераторы переменного и постоянного тока. для питающей линии применяют геологоразведочные марганцево-цинковые батареи типа 69-ГРМЦ-6, 29-ГРМЦ-13 массой 26 кг, упакованные в деревянные ящики.

В качестве заземлений питающих линий используют стальные стержневые электроды диаметром до 2 см и длиной 0,7 – 1,5 м. Приемные линии заземляют стержневыми медными или латунными электродами диаметром 1,5 - 2 см и длиной 0,4 - 0,5 м.

Для монтажа установок применяют специальные геофизические провода ГППП (геофизический провод медный в полиэтиленовой изоляции) и ГПСМП (сталемедный) диаметром соответственно 5,6 и 4,6 мм. Для смотки проводов используют специальные катушки. Под батарею подкладывают резиновый коврик.

Для разбивки питающих электродов используют кувалды массой 3-5 кг.

Контрольные вопросы:

1. Характеристика автокомпенсатора
2. Принцип и устройство АЭ-72

Урок № 12

Тема № 12

Методы постоянного тока (практика)

План

1. Сущность электропрофилеирования.
2. Виды профилеирования: симметричное профилеирование; метод комбинированного профилеирования; метод дипольного профилеирования; метод срединного градиента.
3. Вертикальное электрическое профилеирование.

1. Особенностью электропрофилеирования является, то, что при этом способе изучения ρ_k размеры установок, т.е. взаимное расположения питающих и измерительных заземлений, остаются

постоянными, в то время как вся установка от замера к замеру перемещается, вдоль некоторого направления, называется электропрофилированием. Это позволяет изучать геологический разрез вдоль линий наблюдений.

Удельное электрическое сопротивление пород слагающих данный район работ вычисляется по формуле:

$$\rho_k = K \frac{U}{I}, \text{ где}$$

ρ_k - кажущееся удельное электрическое сопротивление;

U – разность потенциалов между электродами М и N;

I – сила тока между электродами А и В;

K - коэффициент установки.

2. Симметричное профилирование

Используют симметричную четырех электродную установку, которую перемещают вдоль профиля с шагом равным MN.

Симметричную установку применяют для решения следующих задач: а) картирования складчатых структур, имеющие в своем составе опорные электрические горизонты; б) картирования крутопадающих объектов – даек, кварцевых жил, пластов угля; в) картирования крутопадающих контактов различных по удельному сопротивлению пород; г) выявление направлений трещиноватости или сланцеватости коренных пород под наносами.

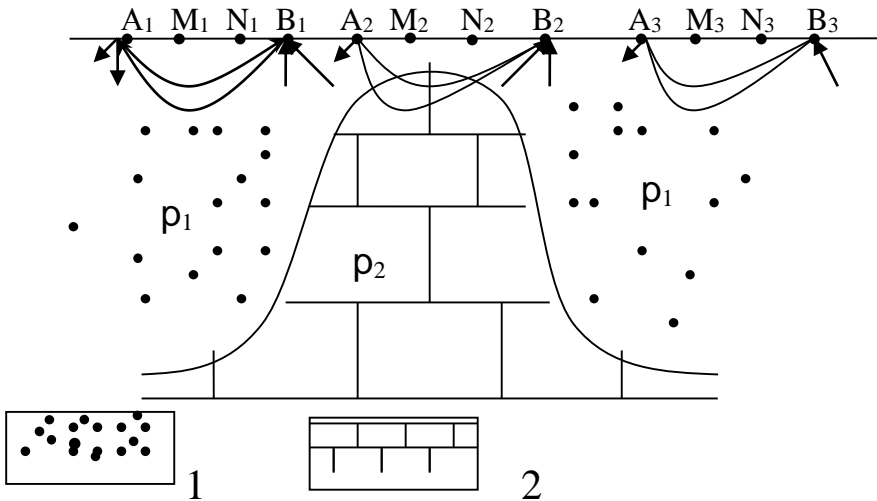
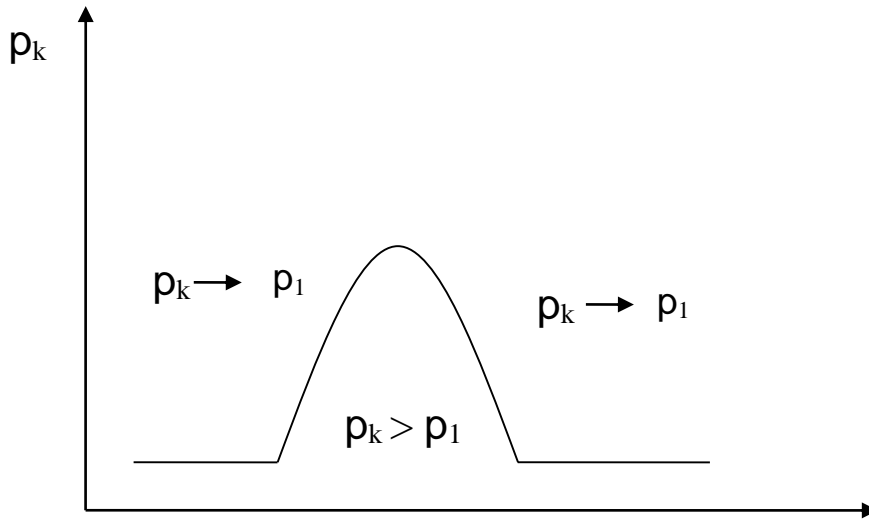
Метод комбинированного профилирования применяют для поисков и прослеживания крутопадающих хорошо проводящих тел, главным образом рудных тел жильного типа.

Установка состоит из двух встречных несимметричных трехэлектродных установок AMN и BNM с общим питающим электродом С, отнесенным от середины MN в перпендикулярном направлении на большое расстояние.

Метод дипольного профилирования применяют для поисков хорошо проводящих объектов пластового типа, для геологического картирования. Круговым дипольным профилированием можно хорошо определить направление падения пластов.

Установка состоит из двух диполей: питающего AA¹ и приемного MN. Оба диполя располагаются вдоль одного профиля.

Метод срединного градиента применяют в условиях сложного геоэлектрического разреза, питающие электроды АВ остаются неподвижными, а приемные электроды MN перемещают вдоль профилей, параллельных линии АВ.



- 1- Низкоомные породы с сопротивлением ρ_1
- 2- Высокоомные породы с сопротивлением ρ_2

Рис. 1 Электропрофилирование над антиклинальным поднятием высокоомных пород.

При площадной съемке исследуемый участок покрывают сетью точек наблюдений; форма и густота сети определяются формами и размерами объектов исследования (квадратная есть, прямоугольная).

- 3. **Вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ)**, изучает изменение кажущегося удельное сопротивления в зависимости от расстояния между питающими заземлениями (от разноса АВ) и точкой наблюдения:

$$\rho_k = K \frac{U}{I}$$

ρ_k - кажущееся удельное электрическое сопротивление

K - коэффициент установки

Предположим, что на земной поверхности расположена симметричная четырехточечная установка АМNB. Величина ρ_k , измеренного этой установкой, зависит от того, как распределены в нижнем полупространстве породы с различным удельным сопротивлением, а также от взаимного расположения питающих и измерительных заземлений, т. к. глубина проникновения тока в землю, прямым образом зависит от расстояния между заземления А и В. Наибольшее значение влияние на значение ρ_k

оказывают породы, находящиеся в том объеме среды, в котором распределяется основная часть тока. Если не менять центр установки, но увеличивать расстояние между питающими заземлениями АВ, то глубина проникновения тока в землю увеличивается, и соответственно этому на значение ρ_k начинают оказывать влияние породы, залегающие на большой глубине. Таким образом, многократные измерения ρ_k установкой с возрастающим расстоянием между питающими электродами при постоянном положении ее центра позволяют изучать изменение геологического разреза с глубиной – метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ).

Результаты полевых наблюдений представляют в виде кривых зависимостей ρ_k от расстояния между питающими заземлениями.

Контрольные вопросы

1. Формула применяемая в методах сопротивлений?
2. От чего зависит коэффициент установки?
3. Различие между электропрофилированием и зондированием?
4. Методика проведения ВЭЗ?
5. Методика проведения симметричного ЭП?
6. Методика проведения дипольного ЭП?
7. Методика проведения срединного градиента ЭП?

Урок № 13

Тема № 13

Метод естественного электрического поля

План

1. Причины возникновения естественных полей.
2. Методика проведения ЕП.

1. Методы полей физико-химического происхождения. Метод естественного поля (ЕП).

Метод ЕП основан на изучении локальных электрических полей, наблюдаемых в земной коре вблизи поверхности вокруг сульфидных, кобальтовых, графитовых, магнетитовых, никелевых залежей, толщ графитизированных и углистых пород. Естественные электрические поля создаются в Земле без вмешательства человека благодаря электродвижущим силам химического, фильтрационного и диффузионного происхождения.

Возникают естественные электрические поля в пористых пластах с циркулирующими в них водами на границе с рудными телами или на границе двух пластов с различной электронной проводимостью, а также возле искусственных металлических сооружений, погруженных в землю.

Одной из причин возникновения естественных электрических полей - физико-геологические процессы, происходящие в зоне выветривания сульфидных месторождений и связанные с окислительно-восстановительными реакциями, в которых участвует рудное тело.

Над любым рудным телом, которое поляризуется под воздействием естественных электродвижущих сил, можно наблюдать естественные электрические поля. Верхние части разреза обогащены кислородом. Рудное тело вступает с ним в окислительную реакцию, отдавая ему электроны, и при этом тело приобретает положительный потенциал, а вмещающая среда – отрицательный.

В нижней части разреза протекает восстановительная реакция.

Такое перераспределение зарядов ведет к возникновению электрического поля.

Естественные электрические поля возникают также в следствии фильтрации подземных вод в пористых породах и процессов диффузии ионов из более минерализованных растворов в менее минерализованные.

2. Измерение методом ЕП проводом на поверхности, в скважинах и подземных горных выработках.

Для измерения разности потенциалов в ЕП используют автокомпенсатор АЭ-72, неполяризующегося электроды, легкие и эластичные провода.



Рис. 1 Неполаризующийся электрод конструкции ВИРГ.

Верхняя часть корпуса глазурирована и является изолятором; нижняя часть представляет собой пористый сосуд. Сосуд заливают раствором медного купороса CuSO_4 и бросают несколько кристаллов этой соли. Металл электрода, находящийся в своей соли, осуществляет контакт с землёй через раствор медного купороса и поры сосуда. В этом случае поляризация приёмных электродах будет минимальной. *Наблюдения проводят по готовой топографической сети двумя способами: потенциала и градиента потенциала.*

Способ потенциала работы выполняется с применением только одного электрода M , второй N устанавливают на магистрали неподвижно и величину потенциала на нем применяют за 0. Измеренная разность потенциалов между электродами является потенциалом пункта, где установлен электрод M . **Способ градиент - потенциала** переносят оба электрода MN на одинаковое расстояние, обозначенные пикетами; измеренная разность потенциалов между ними соответствует точке в центре MN . В результате обработки вычисляют потенциала для каждого пункта отдельно.

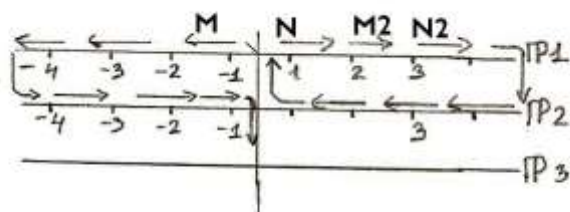


Рис. 2 Способ градиент – потенциала.

Значение потенциалов изображают в виде графиков и карт.

Контрольные вопросы

1. Причины возникновения естественных полей?
2. Методика проведения ЕП?
3. Устройство электрода системы ВИРГ?
4. Область применения метода ЕП?

Урок № 14

Тема № 14

Метод заряда (практика)

План

1. Сущность метода заряда.
2. Метод заряда для решения гидрогеологических задач.

1. При разведке полезных ископаемых очень часто ставят задачу прослеживания и оконтуривания рудного тела, вскрытого скважиной или горной выработкой. Такая задача достаточно просто решается методом заряженного тела, если объект имеет малое сопротивление.

Сущность заключается в изучении электрического поля, созданного электродом А, заземленным в рудном тел. Второй электрод В относят в бесконечность, чтобы можно пренебречь влиянием его потенциала. Удельное сопротивление рудного тела во много раз ниже сопротивления вмещающих пород, поэтому объект с электродом А может быть принят как точечный источник тока. Ток стекает с рудного тела по всем направлениям в окружающую среду. Токовые линии направлены перпендикулярно к поверхности рудного тела, а линии равного потенциала вблизи заряженного тела будут повторять его форму.

Зарядив рудное тело и проследив конфигурацию изолиний потенциалов на поверхности, можно установить его форму.

Установка для метода заряда состоит из питающей линии АВ с источником тока и заземлениями, приемной или измерительной цепи MN, состоящей из двух электродов и измерительного прибора. Полевые работы начинают с положения питающей линии. Электрод А заземляют в рудное тело, а второй электрод В относят в бесконечность.

Метод заряда применяют при детальном поисках и разведке хорошо проводящих объектов: сульфидных магнетитовых, графитовых залежей, крутопадающих пластов антрацита, зон тектонических нарушений и др.

2. В гидрогеологии метод заряда используют для определения направления и скорости движения подземного потока в условиях, когда водоносный горизонт вскрыт только одной скважиной. В скважину одновременно опускают мешок с солью и один питающий электрод А в водоносный горизонт. Второй электрод В относят в бесконечность. При растворении соли образуется линза минерализованной хорошо проводящей воды – заряженное тело. Минерализованная вода быстро перемещается вдоль течения подземного потока, медленнее в поперечном направлении и практически не перемещается против течения. Наблюдения ведут по четырем-восьми лучам вокруг пункта заземления А. Один приемный электрод N устанавливают неподвижно вдоль луча, направленного в противоположенную сторону от предполагаемого направления потока. Второй приемный электрод перемещают по лучам, отыскивая по нулевому отсчету пункт, где потенциал равен потенциалу в пункте N. Расстояние от А до N выбирают таким образом, чтобы оно в 1,5-2 раза было больше глубины залегания водоносного горизонта. На каждом луче находят точки равных потенциалов; соединив их, получают изолинию потенциала.

В первый момент опускания соли изолинии будут иметь вид окружностей, с течением времени изолинии будут вытягиваться в направлении движения потока. Скорость вычисляют по формуле $V = \Delta\gamma / \Delta t$, так как скорость перемещения изолиний в направлении движения потока равна скорости движения потока $V_{п}$.

Контрольные вопросы

1. Сущность метода заряда?
2. Метод заряда для решения гидрогеологических задач?
3. Какие линии называют эквипотенциальными?

Урок № 15

Тема № 15

Методы нестационарного переменного тока

План

1. Метод вызванной поляризации (ВП).

2. Метод переходных процессов (МПП).
3. Метод зондирования становлением поля (ЗСП).

1. Метод вызванной поляризации (ВП).

Методом ВП изучают вторичные электрические поля, наблюдаемые в земле после пропускания длительных импульсов постоянного электрического тока. При этом на границе твердой и жидкой фаз, а также при присутствии рядом с диэлектриками электропроводящих минералов происходит электрохимическая реакция, за счет которой и возникает вторичное электрическое поле, получившее название вызванной поляризации. Интенсивность ВП растет с увеличением времени зарядки. При выключении тока в линии АВ первичное электрическое поле исчезает мгновенно, а поле ВП спадает со временем до нуля. Спад ВП протекает в первые секунды поэтому измерять его нужно сразу после выключения зарядки.

Расчеты вычислений сводятся к определению: 1) $\Delta U_{пр}$ в линии MN в период зарядки; 2) I_{AB} в период зарядки; 3) $\Delta U_{ВП}$ в линии MN после выключения тока в питающей линии.

Зондирование методом становления поля.

По полученным значениям вычисляют

$$\rho_k = K \Delta U \setminus I \quad \eta_k = \Delta U_{ВП} \setminus \Delta U_{пр},$$

где η_k называется **кажущейся поляризуемостью** горных пород и измеряется в процентах.

Метод ВП широко используют при поисках месторождений меди, полиметаллов, графита, железа, никеля, свинца, молибдена и других полезных ископаемых. Также применяют для решения гидрогеологических задач: поисков воды, расчленения разрезов, сложенных осадочными породами.

2. **Метод переходных процессов** применяют для поисков рудных проводящих объектов, для чего используют переходной процесс после пропускания через питающую линию П-образных импульсов длительностью в несколько миллисекунд. Питающая линия имеет незаземленной петли, по которой пропускается ток.

После подачи импульса тока в питающую линию включается приемная линия, где с помощью измерительного прибора исследуют характер изменения переходного процесса на нескольких временах в интервале от первых единиц до первых десятков миллисекунд.

Результаты работ представляют в виде графиков, карт графиков для разных времен.

3. **Зондирование методом становления поля** (ЗСП или ЗС) основано на изучении становления (установления) электрической (ЗСЕ) и магнитной (ЗСМ) составляющих электромагнитного поля в массиве горных пород при подаче прямоугольных импульсов постоянного тока в заземленную линию или незаземленную петлю. Длительность и характер становления поля связаны с распределением удельного сопротивления пород на разных глубинах. Изменение глубинности разведки в методе ЗС объясняется скин-эффектом. При включении импульса тока в питающую линию или петлю электромагнитное поле распространяется сначала в приповерхностных частях разреза, а в дальнейшем проникает все глубже и глубже. В среде происходят сложные переходные процессы и импульс приходит к приемной установке в искаженном виде. Малым временам становления поля (t) соответствует малая глубина разведки, большим временам - большая.

Зондирование становлением поля выполняется с помощью электроразведочных станций.

Глубинность ЗС не превышает 5 - 10 км. ЗС используются при геоструктурных исследованиях, поисках нефти и газа.

Контрольные вопросы:

1. Метод вызванной поляризации. Способы измерения?
2. Сущность метода переходных процессов?

Урок № 16

Тема № 16

Методы гармонического переменного тока

План

1. Характеристика переменных токов.
2. Метод дипольного индуктивного профилирования.
3. Метод радиокип.
4. Метод радиоволнового просвечивания.
5. Метод теллурических токов (ТТ).

1.Переменный ток- это ток который меняется по величине и направлению в течении какого-то промежутка времени. Он также как и постоянный ток создает электрическое поле.

Переменные электромагнитные поля создаются гальваническими и индуктивными способами.

Характерной особенностью переменного тока является то что он создает переменное магнитное поле, которое в свою очередь создает вторичное электрическое поле.

2.Метод дипольного индуктивного профилирования.

Метод ДИП применяют для поисков руд с высокой электропроводимостью. Установка для метода состоит из двух диполей (питающего и приемного), представляющего собой многовитковые рамки небольшого диаметра. К питающему диполю подключается генератор, с помощью которого создается электромагнитное поле. Приемный диполь подсоединен к измерительному прибору и позволяет измерять суммарное магнитное поле H_c .

3.Метод радиокип.

Метод основан на изучении электромагнитных полей, созданных ширококвещательными радиостанциями (частота 10-30 кГц). Эти волны проникают на некоторую глубину и в проводящих объектах индуцируют вторичное электромагнитное поле. Исследуемое поле имеет характер плоской волны, которая зависит от расстояния радиостанции до участка работ, условия распространения радиоволн (время, состояния погоды).

Работы методом можно выполнять практически во всех районах, где в дневное время отчетливо прослушиваются передачи радиостанций длинноволнового диапазона. Для изучения электромагнитного поля применяют аппаратуру: «Руда», с рамочной антенной; портативный прибор массой 2,5 кг с поворотной магнитной антенной ПИНП (полевой измеритель напряженности поля), также применяют сверх длинноволновые радиоприемники СДРВ-3, СДРВ-4, которыми можно измерять как магнитную, так и электрическую составляющие компонент радиоволнового поля.

Метод применяют при съемках масштаба 1-50000 и крупнее для прослеживания и оконтуривания рудных тел, зон тектонических нарушений, контактов между породами, кварцевых жил, даек и других крутопадающих и наклонных геологических объектов. В последние годы метод применяют при поисках крупных линз подземных вод, выделения участков с повышенной мощностью рыхлых отложений, изучения карста и т.д.

Преимущество метода – измерительная аппаратура имеет небольшую массу, недостаток много помех.

4.Метод радиоволнового просвечивания.

Метод основан на способности горных пород поглощать электромагнитную энергию. Хорошо проводящие породы практически непроницаемы для радиоволн, тогда как через большинство пород радиоволны проходят, лишь незначительно теряя свою энергию за счет поглощения.

При разведке и эксплуатации месторождений часть рудных тел и иных объектов поисков оказывается в пространстве между горными выработками и скважинами, таким образом остается необнаруженной. Если поместить радиопередатчик (генератор) в одной горной выработке, а приемник на поверхности, в другой выработке или скважине, то между ними радиоволны будут проходить через горные породы. В

зависимости от различных коэффициентов поглощения электромагнитных волн горными породами напряженность поля будет меняться.

Метод обычно применяют в основном для поисков слепых рудных тел в пространстве между выработками. Метод хорошо себя зарекомендовал себя на медно-никелевых месторождениях, полиметаллических месторождения Приморья, на соляных месторождениях и бокситовых месторождениях.

5. Метод теллурических токов (ТТ). Мощные потоки заряженных частиц, направляющиеся от Солнца к Земле, вызывают разрушение атомов и молекул газа ионосферы Земли, и за счет этого возникают токовые вихри, под воздействием которых в земной коре и мантии наводится естественное электромагнитное поле, называемое **магнитотеллурическим**.

Оно состоит из суммы полей магнитной составляющей H и электрической составляющей E . в результате изучения особенностей его изменения во времени возник **метод теллурических токов**.

Магнитотеллурическое поле проникает в глубь Земли на десятки и сотни километров поэтому методы ТТ являются самыми глубинными.

Существование теллурических токов в земле можно обнаружить с помощью двух электродной установки MN подключенной к измерительному прибору. Величина отклонения стрелки будет соответствовать составляющей напряженности поля ТТ в данный момент времени по направлению приемной линии.

Данный метод позволяет изучать структуру исследуемого района, изучение опорных электрических горизонтов.

Контрольные вопросы:

1. Характеристика переменных токов?
2. Метод теллурических токов?

Урок № 17 Тема № 17

Теоретические основы сейсморазведки.

План

1. Упругие свойства тел.
2. Основные положения геометрической сейсмологии.
3. Типы сейсмических волн.
4. Годографы сейсмических волн.

Сейсморазведка это геофизический метод исследования земной коры и поисков полезных ископаемых, основанный на изучении распространения в земной коре искусственно возбуждаемых и естественных (землетрясения) упругих колебаний (волн).

1. Упругие свойства тел.

Характер распространения упругих колебаний в горных породах зависит от свойств этих пород. Упругие свойства обуславливают реакцию физического тела на приложенную к нему нагрузку. Под действием нагрузки физическое тело изменяют свою форму и размеры, т.е. деформируются, искажается. При деформации частицы, слагающее тело, приходят в движение, передавая приложенную нагрузку от одной частицы к другой. Движение частиц может происходить как в направлении движения частиц так и перпендикулярно-поперечная деформация. Продольная деформация называется деформацией растяжения или деформацией объема. Поперечная деформация называется деформацией сдвига. При деформации растяжения происходит удлинение тела. При деформации сдвига возникает

искажение углов между сторонами. Для малых деформаций справедлив закон Гука, деформации тел пропорциональны приложенному напряжению.

Скорость упругих волн в горных породах зависит в первую очередь от минерального состава и структурно-текстурных особенностей пород.

2. Основные положения геометрической сейсмологии.

От точки взрыва или удара в упругой среде распространяются волны с некоторой скоростью V , характерной для данной среды. В определенный момент времени t_i в среде можно выделить три области: область, в которой частицы колеблются (1); область в которой деформация закончилась (2); область куда еще не дошли колебания (3). Поверхность, разграничивающая области 1 и 2 называется задним **фронтом волны или тылом**, а поверхность, разделяющая области 2 и 3 – передним фронтом или просто **фронтом волны**. Фронт и тыл со временем перемещаются в среде со скоростью V . Поверхность фронта волны в конкретный момент времени называется **изохронной**. Линии перпендикулярные к изохроне волны, называют лучами.

Распространение упругих волн в горных породах подчиняется законам геометрической сейсмологии.

Законы распространения фронтов волн в упругой среде выводятся из принципов Гюйгенса-Френеля и Ферма.

Принцип Гюйгенса - каждая точка фронта волны является источником самостоятельных колебаний.

Принцип Ферма (принцип наименьшего времени): упругая волна движется между двумя точками по пути, требующему наименьшего времени для его прохождения, т.е. по лучу.

Основным законом геометрической сейсмологии является закон преломления отражения, включающих два основных положения: 1) падающий, отраженный или преломленный лучи лежат в одной плоскости, совпадающей с нормалью к поверхности раздела, а точке падения луча; 2) углы падения α , отражения γ и преломления β связаны между собой.

3. Типы сейсмических волн. На земной поверхности расположен источник колебаний, из которого на поверхность раздела двух сред падают лучи прямой волны. В точке падения луча возникает *отраженная* и *преломленная* волны. Каждый падающий луч вызывает отраженную волну, характеризующуюся скоростью V_1 . Эта волна может быть зарегистрирована на поверхности, как в точке возбуждения колебаний, так и на некотором удалении от нее. Через границу раздела в глубь среды проходит преломленная волна со скоростью V_2 , которая на поверхности зарегистрирована быть не может. Однако при определенной геологической ситуации может возникнуть момент, когда угол преломления β станет равным 90° и преломленный луч пройдет по границе раздела, появится *скользящая* волна. Скорость распространения скользящей волны практически равна скорости преломленной волны.

4. Распространение сейсмических колебаний наблюдают на земной поверхности вдоль профилей. С этой целью на пикетах профиля расставляют специальные приборы сейсмоприемники, позволяющие фиксировать колебания почвы под ними. Записи колебаний от одного источника возбуждения сводят в сейсмограмму. По форме записи на сейсмограмме выделяют колебания, обусловленные, одной волной и определяют время прихода этой волны к каждому сейсмоприемнику. Затем строят график зависимости времени прихода волны от расстояния сейсмоприемников до пункта взрыва x . Такой график называется – **годографом**.

Контрольные вопросы

1. Упругие свойства тел?
2. Основные положения геометрической сейсмологии?
3. Типы сейсмических волн?

4. Назначение годографа сейсмических волн?

Урок № 18

Тема № 18

Регистрация сейсмических колебаний и принцип устройства сейсморазведочной аппаратуры.

План

1. Регистрация сейсмических колебаний.
2. Сейсмоприемники, усилители, регистраторы.
3. Взрывные и невзрывные источники возбуждения.

1. Регистрация сейсмических колебаний.

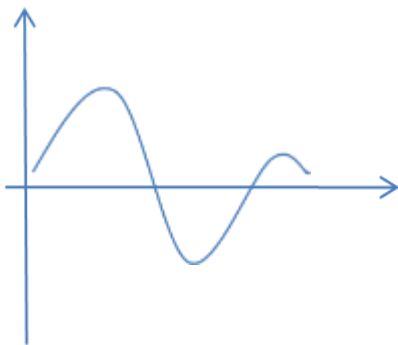
Полевая регистрация сейсмических колебаний производится одновременно во многих точках профиля или на площади наблюдений с помощью многоканальных *сейсмических станций*.

Сейсмические станции имеют 24, 48, и 96 каналов, что позволяет одновременно регистрировать колебания в 24, 48 или 96 точках наблюдений.

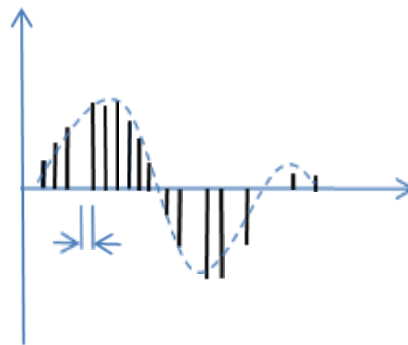
Сейсмические колебания записываются на магнитную ленту (магнитная запись). Участок магнитной ленты, занятый записями, называют **магнитограммой**. С целью контроля качества полевых магнитограмм в поле на сейсмостанции предусмотрена возможность видеть сейсмические колебания на бумажной ленте или на экране электронного устройства. Бумажная лента с записью называется **сейсмограммой**.

Запись сейсмических колебаний на магнитной ленте осуществляется сейсморегистрирующим каналом. Каждый отдельный **сейсморегистрирующий канал** состоит из сейсмоприемника, сейсмического усилителя и записывающего устройства. **Сеймовоспроизводящий канал** состоит из считывающего устройства, усилителя воспроизведения колебаний и устройства визуализаций сейсмических колебаний.

Запись в аналоговой форме производится в виде непрерывной кривой, отражающей изменение амплитуды колебаний во времени.



а Аналоговая форма



Цифровая форма

Запись в **цифровой форме** представляет собой последовательности чисел, каждое из которых, в двоичной коде определяют мгновенное значение сигнала в некоторый момент времени.

2. Сейсмоприемники, усилители, регистраторы.

Сейсмические волны, распространяющиеся в упругой среде, передают смещение частичек, как внутри самой среды, так и на ее поверхности. Эти смещения фиксируются специальными приборами **сейсмоприемниками**, установленными на поверхности среды или в скважине.

С выходов сейсмоприемников сейсмические колебания в виде электрических напряжений поступают на **электронные усилители**.

Различие частотных спектров полезных волн и помех позволяет ослаблять помехи средствами частотной фильтраций.

Частотная фильтрация осуществляется с помощью встроенных в усилитель фильтров **верхних (ФВЧ) и нижних (ФНЧ) частот**.

3. Взрывные и невзрывные источники возбуждения.

При применении взрывных источников заряды твердого, ВВ помещают в специальные пробуренные на профилях наблюдений неглубокие скважины или шурфы.

Вибросейсмический источник создает упругие колебания в земле с помощью специального вибратора, излучающего в течение длительного времени (10-20с) синусоидальные колебания.

Регистрацию сейсмических колебаний производят с помощью многоканальных сейсмостанций.

Контрольные вопросы

1. Как проводится регистрация сейсмических колебаний?
2. Сейсмоприемники, усилители, регистраторы – назначение?
3. Взрывные и невзрывные источники возбуждения?

Урок № 19

Тема № 19

Методика сейсморазведочных работ

План

1. Метод отраженных волн (МОВ).
2. Метод преломленных волн.
3. Интерференционные методы сейсморазведки.
4. Скважинная сейсморазведка.

1. Метод отраженных волн (МОВ) – наиболее распространенный метод сейсморазведки, применяемый при поисках и разведки полезных ископаемых. Он основан на решении регистрации отраженных волн, которые лучше всего прослеживаются вблизи пунктов возбуждения (ПВ), где отсутствуют преломленные волны и многократно-отраженные волны помехи.

Системой наблюдения в сейсморазведке называется взаимное расположение пунктов возбуждения и пунктов приема отраженных волн. Наиболее часто применяют продольные системы, когда пункты возбуждения и приема на одной линии. Реже непродольные, когда пункты возбуждения располагают в стороне от линии приемников.

Участок профиля, занимаемый сейсмоприемниками для регистрации волн от одного пункта возбуждения, называется **стоянкой (расстановкой) приемников**, а расстояние между крайними приемниками называется **базой приема** или длиной географа. Расстояние между соседними пунктами приема называется **шагом приема (наблюдения)** Δx .

В последние годы широкое применение получил метод общей глубинной точки МОГТ, который позволяет суммировать записи отраженных волн, получаемых при многократном профилировании. Суммируются записи волн, отраженных от одной общей точки.

2. Метод преломленных волн.

МПВ основан на использовании волн, которые можно зарегистрировать на расстоянии от источника колебаний, превышающем 1,5-2 глубины от исследуемой границы. Это в первую очередь,

преломленные (головные) волны, проходящие часть своего пути в слоях, характеризующимися большими скоростями по сравнению с вышележащими породами.

Так как вблизи пункта возбуждения преломленные волны прослеживаются, наблюдения МПВ проводят на некотором расстоянии от ПВ. Система наблюдений в МПВ обязательна, должна обеспечить построение двух встречных годографов, относящихся к одному участку преломляющей границы. В МПВ широко используют системы, обеспечивающие получение нагоняющих годографов, из которых получают сводный годограф путем смещения нагоняющего годографа по оси времен к нагоняемому.

3. Интерференционные методы сейсморазведки.

В последние годы широкое применение получил интерференционный метод ОГТ метод общей глубинной точки который позволяет суммировать записи отраженных волн полученных при многократном профилировании. Суммируются записи волн отраженных от одной общей точки.

4. Скважинная сейсморазведка объединяет несколько методов, в которых прием волн, а иногда и прием, и возбуждение осуществляются в скважинах. Сейсмокаротаж – в этом методе приемники погружают на разные глубины в скважину, а на поверхности вблизи устья скважины производят возбуждение упругих колебаний. Регистрация волн осуществляется наземной и скважинной аппаратурой на агнитную пленку или сейсмограмму.

Контрольные вопросы

1. Система наблюдений в сейсморазведке?
2. Сейсмический канал?
3. Шаг приема?
4. Метод отраженных волн?
5. Метод преломленных волн?

Урок № 20

Тема № 20 (практика)

Обработка и интерпретация материалов сейсморазведки.

План

1. Сущность обработки и интерпретации геофизических материалов.
2. Глубинная сейсморазведка.
3. Структурная (нефтепоисковая) сейсморазведка.
4. Рудная сейсморазведка.
5. Инженерно гидрогеологическая сейсморазведка.

1. Преобразование полученной сейсморазведочной информации о волновом поле в геолого - геофизическую информацию о среде принято называть решением обратной задачи геофизики. Наблюдаемое сейсмическое волновое поле, несет в себе информацию о многих особенностях среды, характеризующих ее геолого-геофизическое строение. Для извлечения этой информации необходимо совершать преобразования полученных полевых сейсмических записей. Первым этапом извлечения информации является **процесс обработки сейсмической информации**. В этом процессе полученные полевые данные подвергаются целому ряду преобразований, основная цель которых направлена на повышение надежности полезных сейсмических волн, которые несут информацию о строении интересующих нас особенностей геологической среды. Этот процесс может быть выполнен в поточном режиме обработки с помощью набора специальных программ для ЭВМ. Для того чтобы сделать нужные выводы о строении нужной части среды, необходимо полученное после обработки волновое поле подвергнуть геолого-геофизическому истолкованию – **интерпретации**.

Обработка и интерпретация в значительной мере формализованы и выполняются на ЭВМ. Интерпретация формализована значительно меньше так это в основном интеллектуальный аналитический труд специалистов интерпретаторов, хорошо владеющим широким кругом знаний в области сейсморазведки и геологии изучаемого района.

Сейсморазведка позволяет решить широкий круг геологических задач и в зависимости от этого делится на глубинную, структурную, рудную, инженерно-геологическую и др.

2. Глубинная сейсморазведка. Применяют для изучения строения земной коры и подстилающих ее слоев мантии, исследования главных черт строения верхней части земной коры с целью получения сведений, необходимых для интерпретации данных других геофизических методов. Глубинность сейсморазведки составляет 4-80 км и более. Для возбуждения колебаний в основном используют взрывы. Удаление точек возбуждения достигает 30-50 км. Иногда несколько сотен километров.

3. Структурная (нефтепоисковая) сейсморазведка. На ранних этапах поисковой съемки изучают строение отдельных крупных образований (депрессий, валов, линий крупных нарушений) с помощью МПВ и МОВ; на этапах детальных работ определяют строение отдельных структур. Главным образом применяют МОВ с многократным перекрытием наблюдений. Широко используют также наблюдения в глубоких скважинах. Работы выполняют на частотах 15-100Гц.

4. Рудная сейсморазведка. Применяют при поисках месторождений железных руд, бокситов, медных песчаников и некоторых нерудных полезных ископаемых с целью изучения отдельных черт строений рудных провинций, узлов и полей, обнаружения и прослеживания тектонических нарушений, определения мощности рыхлых отложений и т. д.

При исследовании до 200 м преимущественно используют **МПВ**. Особенно широко этот метод применяют для изучения поверхности коренных пород. Скользящая преломленная волна, распространяется вдоль коренных пород, позволяет определить глубину их залегания, граничную скорость, выявлять зону нарушений, трещиноватости и другие нарушения. При наличии скважин и подземных горных выработок на исследуемом месторождении используют методы проходящих волн с целью изучения горных пород между выработками, скважинами и земной поверхностью.

Сейсмоакустическим просвечиванием можно выделить сульфидные и железные руды, пегматитовые тела, зоны гидротермально измененных или разрушенных пород.

5. Инженерно гидрогеологическая сейсморазведка. Используют для изучения строения и структуры исследуемого района и определения свойств и состояния горных пород в естественном залегании.

Сейсморазведочные методы наиболее достоверно позволяют определять глубину залегания коренных карбонатных, осадочно-метаморфических и кристаллических пород, локализовать зоны тектонических смещений и дробления пород, так как при применении этих методов почти отсутствуют искажений сейсмических характеристик, связанных с условиями залегания картируемых объектов или с условиями измерений.

Первую задачу решают в основном методом преломленных волн. Метод дает хорошие результаты, так как кровля коренных пород является сильной преломляющей границей. Волна, которая отвечает кровле коренных пород, обладает обычно максимальной скоростью (2000-6000м\сек) по сравнению со скоростью в покрывающих рыхлых отложениях (800-2500м\с).

Контрольные вопросы

1. Сущность обработки сейсмических данных?
2. Для чего применяют инженерно гидрогеологическую сейсморазведку?
3. Сущность интерпретации сейсмических данных?
4. Какие задачи решает рудная сейсморазведка?

Урок № 21

Тема № 21

Радиометрические и ядерно-физические методы разведки.

План

1. Сущность радиометрии и ядерной геофизики.
2. Основные законы радиоактивности.
3. Радиоактивность горных пород и руд.

1. Радиометрические и ядерно-физические методы объединяются под общим названием ядерной геофизики. Радиометрическими называют методы измерения естественного радиоактивного поля горных пород. Для измерения искусственно вызванной радиоактивности и определения с ее помощью элементного и химического состава горных пород служат ядерно – физические методы.

2. Теоретические основы ядерной геофизики.

Среди химических элементов существуют такие, которые характеризуются неустойчивостью своего состояния и через определенное время распадаются. Эти элементы могут быть природными или получены искусственным путем. Способность атомных ядер с течением времени превращаться в ядра атомов других элементов с другими свойствами называется **радиоактивностью**, а сами элементы с неустойчивыми ядрами атомов называются **радиоактивными изотопами**.

В центре атома каждого химического элемента находится положительно заряженное ядро, вокруг которого вращаются по орбитам электроны, основная масса атомов сосредоточена в ядре. Атомное ядро состоит из нейтронов и протонов. Обе частицы протон и нейтрон – называются нуклонами. Нейтрон частица, не имеющая заряда, протон частица, имеющая положительный заряд. Общее количество протонов и нейтронов в ядре составляет массовое число. Количество электронов в атоме также равно порядковому номеру.

Периодическую таблицу элементов замыкают химические элементы с тяжелыми ядрами; некоторые из них (^{92}U , ^{90}Th , ^{88}Ra и др.) самопроизвольно превращаются в новые ядра с выделением частиц, электронов и фотонов большой энергии. Это свойство элементов называется **естественной радиоактивностью**.

Превращение любого радиоактивного вещества происходит по закону. Если принять число ядер радиоактивного вещества в какой-то первоначальный момент времени за N_0 , то оставшееся число ядер N этого вещества в момент времени t определяется зависимостью

$$N = N_0 e^{-\lambda t} = N_0 2^{-t/T}.$$

Здесь λ – постоянная полураспада, показывающая вероятность распада одного ядра за 1 секунду; T – период полураспада, т.е. время, в течение которого распадается в среднем половина ядер вещества.

Существует несколько типов радиоактивного распада.

При альфа – превращении радиоактивное ядро испускает альфа частицу. Она состоит из двух протонов и двух нейтронов, то есть представляет ядро атома гелия. Поток альфа частиц обладает невысокой проникающей способностью – несколько сантиметров в воздухе и доли миллиметров в твердом веществе.

Бета – превращение сопровождается спусканием бета частиц – электронов или позитронов.

Проникающая способность несколько метров в воздухе и несколько сантиметров в твердом веществе. Превращение ядер происходит с испусканием гамма – квантов электромагнитного излучения (гамма-лучей). Гамма лучи представляют собой фотоны большой энергии, выделяющиеся при возбуждении ядер и при взаимодействии элементарных частиц. Пробег гамма лучей в веществе несколько десятков раз превышает пробег бета-частиц и достигает 1-1,5 км в воздухе и более 1м в твердом веществе.

3. Радиоактивность горных пород и руд. Радиоактивность горных пород зависит от содержания в них радиоактивных элементов, особенно урана, тория, актиния и калия-40.

Наибольшей радиоактивностью обладают руды радиоактивных элементов, содержащих минералы уранит, настуран, торианит, торит, монацит, карбонаты сульфаты фосфаты и т.п.

Среди горных пород наиболее радиоактивными являются магматические горные породы, в первую очередь кислые (граниты лейкократовые, биотитовые, плагиограниты). осадочные горные породы практически не радиоактивны (ангидриты, гипсы, каменная соль, известняки химического отложения), или повышенной радиоактивностью связанной с глинистостью пород: чем выше глинистость тем выше радиоактивность.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит радиоактивность горных пород?
2. Типы радиоактивного распада?
3. Что такое радиоактивность?
4. Какие элементы называют изотопами?

Урок № 22

Тема № 22 (практика)

Аппаратура и оборудование для измерения радиоактивных излучений

План

1. Детекторы (счетчики) излучений.
 2. Полевая радиометрическая аппаратура.
1. Чувствительные элементы (их называют также детекторами) служат для определения интенсивности и энергетического спектра ядерных излучений путем преобразования энергии радиоактивного излучения в электрическую энергию. В аппаратуре для ядерно-геофизических исследований в качестве чувствительных элементов используют ионизационные камеры, счетчики Гейгера - Мюллера, полупроводниковые детекторы, сцинтилляционные счетчики, термолюминесцентные кристаллы (рис. 1).

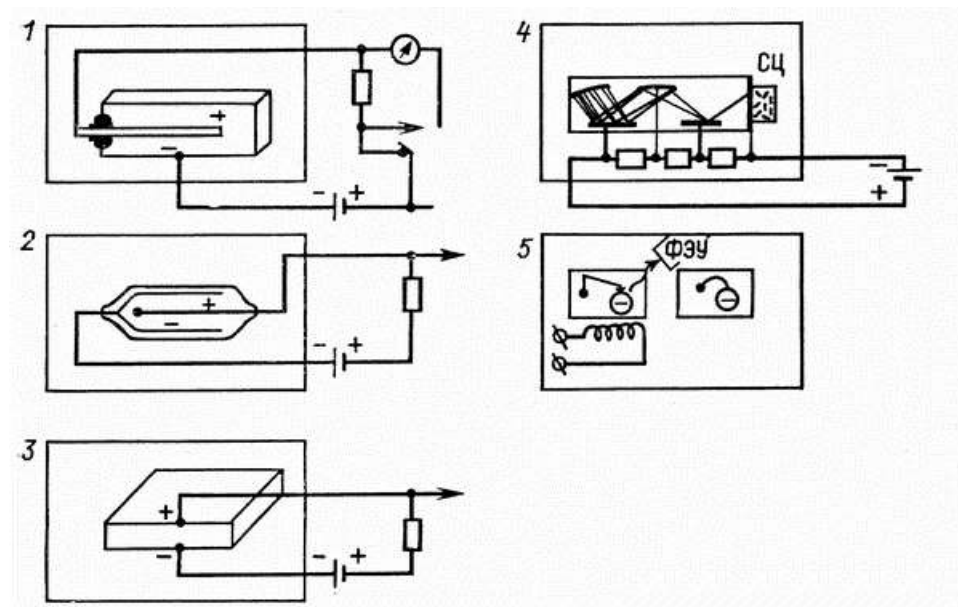


Рис.1. Схемы чувствительных элементов (детекторов) для приборов, используемых при ядерно-геофизических наблюдениях: 1 - ионизационная камера; 2 - счетчик Гейгера - Мюллера; 3 - полупроводниковый кристалл; 4 - сцинтилляционный счетчик; 5 - термолюминесцентный кристалл; СЦ - сцинтиллятор; ФЭУ - фотоэлектронный умножитель

- 1- В ионизационной камере находятся газ и два электрода, к которым подводят напряжение в несколько сот вольт. Под действием альфа-, бета-лучей или вторичных заряженных частиц, возникающих при поглощении нейтронов, газ ионизируется, а получающиеся свободные электроны и ионы движутся к электродам. В результате в цепи возникает ток. Измеряя его или разность потенциалов, можно определить интенсивность излучений, вызывающих ионизацию.
- 2- В счетчиках Гейгера - Мюллера, называемых также газоразрядными, в баллоне под пониженным давлением находится инертный газ (обычно аргон для измерения гамма-лучей или гелий для определения потока нейтронов) и два электрода под высоким напряжением (до 1000 В). При появлении хотя бы одной пары ионов возникает краткий разряд. При облучении баллона гамма-квантами возникают вторичные заряженные частицы (ионы и электроны) и в нем наблюдается система разрядов в виде импульсов тока, которые можно зафиксировать.
- 3- Полупроводниковый детектор - твердотельный аналог ионизационной камеры. Ионизирующие частицы, возникающие при облучении детектора, создают в полупроводнике электронно-дырочные пары, что при воздействии электрического напряжения приводит к возникновению тока.
- 4- Сцинтилляционный счетчик состоит из сцинтиллятора (неорганические или органические кристаллы, жидкие и газообразные), способного под действием гамма-квантов испускать вспышки света. Кванты света, попадая на фотокатод фотоумножителя, выбивают из него электроны. За счет вторичной эмиссии и наличия ряда электродов, находящихся под все большим напряжением, в фотоумножителе возникает лавинообразный, увеличивающийся поток электронов. В результате на аноде собирается в $10^5 - 10^{10}$ раз больше электронов, чем было выбито из фотокатода, а в цепи возникает электрический ток.
- 5- Термолюминесцентный кристалл (например, LiF) обладает способностью под действием ионизации создавать свободные электроны, которые накапливаются за счет дефектов кристаллической решетки кристалла и могут долго храниться. Такой кристалл будет испускать свет, и на выходе фотоумножителя возникнет электрический ток, пропорциональный принятой ранее дозе облучения.

2. Приборы для ядерно-геофизических исследований.

1. *Общая характеристика.* В радиометрических приборах, кроме чувствительных элементов, имеются усилители, индикаторы (для визуального отсчета), регистраторы (для автоматической записи) интенсивности либо естественного гамма-излучения, либо концентрации эманаций радона, либо искусственно вызванных излучений. Для определения энергетического спектра излучений в приборах устанавливают дискриминаторы и амплитудные анализаторы. С их помощью выделяют импульсы, соответствующие определенному диапазону энергий ионизирующих излучений. Далее сигналы подаются в нормализаторы, которые создают импульсы определенной амплитуды и формы для их измерения или регистрации.

2. *Аэро- и авторадометры.* Для воздушной и автомобильной гамма-съемок используют различные аэро- и авторадометры, отличающиеся быстродействием, т.е. малой инерционностью. Они состоят из набора сцинтилляционных счетчиков, а также блоков: усилительного, регистрирующего, питания. Набор сцинтилляционных счетчиков служит для повышения чувствительности при измерении радиоактивности. В усилительно-регистрирующих блоках смонтированы каналы, состоящие из усилителей, дискриминаторов, нормализаторов, регистрирующих устройств. Они предназначены для определения гамма-активности, разных энергетических спектров излучения, т.е. являются гамма-спектрометрами. Питание приборов осуществляется от бортовой сети самолета (вертолета) или аккумуляторов автомобиля.

3. *Полевые радиометры.* Для наземной (пешеходной) гамма-съемки используют разного рода полевые радиометры (СРП-68, СРП-88 и др.) со стрелочным индикатором на выходе. Кроме того, с помощью наушников можно осуществлять звуковую индикацию импульсов. Конструктивно прибор состоит из выносного зонда, пульта управления и питания от сухих анодных батарей.

Для того, чтобы по шкале измерительного микроамперметра можно было определить интенсивность гамма-излучения, радиометры градуируют. С этой целью используют образцовый излучатель радия, помещаемый в коллиматор для создания узкого пучка гамма-излучения.

Для определения энергетического спектра радиоактивных излучений с целью раздельного определения концентраций U, Th, K-40 используются полевые гамма-спектрометры (СП-4 и др.).

В этих приборах, кроме сцинтилляционных счетчиков, имеются дискриминаторы, с помощью которых определяют интенсивности гамма-лучей разного энергетического уровня.

3. *Эманометр.* Для изучения концентрации радона в подпочвенном воздухе используют эманометры. Серийно изготавливаемый эманометр (типа "Радон" и др.) состоит из сцинтилляционной камеры РГА-01, а также насоса и набора зондов, с помощью которого подпочвенный воздух отсасывается с глубины до 1 м. Чем больше концентрация радона в нем, тем больше альфа-частиц фиксирует счетчик. Прибор питается от сухих анодных батарей.

Контрольные вопросы

1. Назначение эманометра?
2. Основные блоки эманометра?
3. Назначение спектрометра?
4. Назначение радиометра?

Урок № 23

Тема № 23

Методика полевых и лабораторных работ. (практика)

План

1. Полевые радиометрические методы.
 - а) Пешеходная гамма – съемка.
 - б) Гамма спектрометрическая съемка.
 - в) Эманационная съемка.
2. Задачи, решаемые гамма-съемкой.

Среди радиометрических методов, основанных на измерении естественной радиоактивности, наиболее широко применяется полевой гамма метод (ГМ) из-за большой проникающей способности гамма излучений.

Ядерно - физические методы, основанные на использовании искусственных источников излучения, применяют для определения вещественного состава и физических свойств пород в обнажениях, горных выработках, скважинах, лабораторных пробах.

1. Полевые радиометрические методы.

Радиометрические методы используют для геологического картирования и геохимического картирования горных пород, поисков и разведки полезных ископаемых. В зависимости от назначения определяется масштаб работ. Поисковые и съемочные работы ведутся в масштабах 1:200000 – 1:10000; при разведке выявленных месторождений принимают более крупные масштабы. К методам радиометрии относятся пешеходная, автомобильная, глубинная (в шпурах и скважинах), воздушная и морская гамма - съемки, эманационная съемка, радиометрический анализ проб горных пород. Наиболее широко применяется пешеходная гамма – съемка.

а) Пешеходная гамма – съемка. Выполняют радиометрами СРП -68-01. перед началом радиометры настраивают, определяют величину остаточного фона, обусловленную загрязнением прибора и космическим излучением.

Шаг съемки, т.е. расстояние между соседними точками замера, принимают равным 5-50м. При съемке непрерывно прослушивают телефон, гильзу радиометра располагают на высоте 5-10см от поверхности земли при переходе от одной точки к другой. На точке замера или в точке аномального повышения частоты импульсов гильзу прижимают к земле на 0,5 – 1 мин и снимают отсчет по стрелочному прибору.

Стабильность работы прибора проверяют утром и вечером на контрольном пункте путем снятия показаний с рабочим эталоном и без него.

Обработка результатов гамма – съемки включает следующие этапы: 1) расчет средней квадратичной погрешности измерений; 2) внесение поправок за остаточный фон; 3) графическое изображение результатов съемки. Результаты измерений наносят на радиометрическую карту, составленную на геологической основе.

б) Гамма спектрометрическая съемка. Обычно выполняют при детальных работах. Наблюдения проводят по сети, предварительно закрепленной на местности. Профили задают вкрест простирания большей оси аномалии. На профиле выбирают ровную площадку размером 1*1м. прибор включают за полчаса до начала работы. Затем измеряют активность пород в фиксированных интервалах, устанавливаемых переключателем рода работ, в трех каналах – калиевом, урановом и радиевом.

в) Эманационная съемка. Выполняют при детальных работах на участках, закрытых мощными (до 10м) рыхлыми отложениями. Глубинность этого метода на много превышает гамма-съемку и зависит от диффузии газов в наносах. Работы проводят по отдельным профилям, разбиваемых на расстоянии 5-100м друг от друга. Расстояние между точками наблюдения принимают 0,5-10м.

В точке наблюдения пробивают бурку глубиной до 1м и в нее вставляют пробоотборник (зонд). Оператор устанавливает прибор на точке наблюдения, измеряет натуральный фон камеры, а затем закачивает в камеру почвенный воздух, перекрывает клапаны и берет отсчет по шкале.

2. Задачи, решаемые гамма-съемкой.

Гамма- и спектрометрические съемки используют не только для поисков и разведки радиоактивных руд, но и радиоактивных полезных ископаемых, парагенетически или пространственно связанных с ними. Например, к месторождениям редкоземельных элементов, боксита, олова, бериллия приурочено повышенное содержание тория; к месторождениям ниобия, тантала, вольфрама, молибдена - урана; к некоторым полиметаллическим месторождениям - калия.

В комплексе с другими геофизическими методами гамма-съемку можно применять для поисков твердых полезных ископаемых, особенно тех, в которых акцессорными минералами могут быть радиоактивные, а также для поисков нефти и газа. Гамма-съемку можно использовать для решения задач геологического картирования. Вследствие различной естественной радиоактивности, а также поглощающей и эманационной способности пород их можно расчленять по литологии, степени разрушенности (облегчающей миграцию радиоактивных элементов), заглинизированности (затрудняющей миграцию), выявлять тектонические нарушения (по скоплению радиоактивных элементов в них) и решать другие задачи.

Контрольные вопросы

1. Сущность ядерно-радиометрических методов?

2. Пешеходная гамма-съемка назначение?
3. Спектрометрическая съемка назначение?
4. Эманационная съемка назначение?

Урок № 24

Тема № 24

Особенности изучения физических полей в скважинах

План

1. Особенности изучения физических полей в скважинах.
2. Направления геофизических исследований в скважинах.
3. Объект исследования.
4. Общие сведения об аппаратуре и оборудовании.
5. Электрический каротаж общие сведения.

1. Особенности изучения физических полей в скважинах.

В настоящее время для исследования скважин используют следующие геофизические методы: ЭК, РК-исследование естественной и искусственной радиоактивности горных пород, акустический каротаж-изучение амплитуды и скорости распространения упругих волн в породах; магнитный каротаж, гравитационный каротаж.

Кроме того применяются методы, не имеющие аналогов в наземном варианте: термометрия, газовый каротаж-непрерывное измерение концентрации и состава горючих газов, выделяющихся при бурении скважин; механический каротаж-изучение скорости бурения скважины или продолжительности бурения одного метра породы.

2. ГИС используют в 4 основных направлениях по решаемым задачам:

- 1) Литологическое расчленение разреза скважины;
- 2) Контроль за разработкой месторождения;
- 3) Контроль за техническим состоянием скважины;
- 4) Прострелочно-взрывные работы.

3. Скважина представляет собой горную выработку большой глубины и малого диаметра. Диаметр скважины зависит от диаметра долота, однако фактический диаметр не всегда равен его номинальному значению. На участках разреза сложенной глиной, углем и другими породами легко разрушающимися при бурении, происходит увеличение d_c – образование *каверн*. Наоборот, напротив песчанников и вспучивающихся глин может наблюдаться уменьшение диаметра скважины.

Скважина, заполненная промывочной жидкостью, которая чаще всего представляет собой глинистый раствор или техническую воду.

- Промытая зона;
- Зона проникновения;
- Неизменная часть пласта.

В разрезах скважин, бурящихся на нефть и газ, а также воду, практический интерес представляют пласты пористых проницаемых пород (песчаники, известняки), а также пласты способные вмещать и отдавать пластовый флюид (нефть, газ, воду), называют коллекторами.

4. Аппаратура и методика выполнения каротажных работ зависит от скважинных условий. Основная особенность каротажной аппаратуры заключается в том, что датчик сигналов и измерительный прибор находятся на большом расстоянии друг от друга. Датчик соединяется с измерительным пультом с помощью кабеля, длина которого может составлять от сотен до тысяч

метров. Если на выходе датчика возникают слабые сигналы, то они предварительно усиливаются в скважинном приборе. В связи с этим в нем, кроме датчика, нередко помещаются некоторые элементы электронной схемы, служащие для питания прибора, предварительного усиления сигналов и других целей. Ограниченный диаметр скважины обуславливает специфическую форму корпуса скважинных приборов, способных выдерживать высокие температуры и большое гидростатическое давление бурового раствора, связанные с большими глубинами.

5. ЭК основан на измерении электрического поля, самопроизвольно возникающего в скважине и его окрестностях или электрического поля созданного искусственно.

ЭК составляет основу комплекса ГИС.

Каротаж собственной поляризации (ПС) изучает естественное эл. поле в скважине. самопроизвольное образование эл. поля в скважине и вблизи нее называют *самопроизвольной поляризацией*. ЭДС под действием которой в скважине возникают токи ПС, зависит от строения и свойств геологического разреза. Токами ПС в скважине создается *потенциал собственной поляризации*.

Каротаж КС- основан на изучении удельного электрического сопротивления горных пород.

Боковой каротаж применяют для исследования скважин, разрез которых сложен породами высокого сопротивления с частым чередованием тонких пластов.

Боковое каротажное зондирование – определение удельного электрического сопротивления пласта рпл. Однако кажущееся сопротивление зависит и от других свойств среды, окружающей зонд, в частности от уд. сопротивления вмещающих пород, зоны проникновения промывочной жидкости. Поэтому рпл нельзя определить по данным одного стандартного зонда. Наиболее точно можно определить рпл и рзп с помощью БКЗ, которое заключается в проведении измерений несколькими градиент зондами разной длины, которые имеют разный диаметр исследования. Показания малых зондов определяют рзп, а показания больших зондов – удельное сопротивление удаленной, неизменной проникновением части пласта.

Электрический каротаж.

Метод потенциалов самопроизвольной поляризации (СП) основан на изучении естественного электрического поля, образование которого связано с физико-химическими процессами, протекающими на поверхности раздела скв – породы и между пластами различной литологии. На поверхности раздела обр. двойные электр. слои, различные потенциалы которых создают определенные величины напряженности электрического поля м/у породами и скважинами.

Каротаж кажущегося сопротивления (КС).

Электродная установка или каротажный зонд состоит из питающих электродов А и В (электрод В удален в ∞) и приемных электродов MN. Каротажный зонд во время измерения движется по стволу скважины. Он характеризуется коэффициентом зонда К.

Отсюда следует, что для опр. уд. эл. сопротивления нужно измерить разность потенциалов ΔU . Зная коэффициент зонда К и питающий ток I, можно найти ρ . Но в природе имеется неоднородная среда, поэтому мы определяем кажущееся удельное сопротивление ρ_k или КС. ($\rho_k = K \frac{\Delta U}{I}$). Результаты

измерений кажущихся сопротивлений представляют в виде кривой, показывающей изменение ρ_k по стволу скважины с глубиной (кривая КС).

Типы зондов.

Если в скважину опускают зонд с 1 питающим электродом А, а второй – питающий электрод В остается на поверхности, то такой зонд AMN называется однополостным. Зонд ВАМ называется 2^х-полосным, т.к. в скважину опускается 2 питающих электрода А и В, а на поверхности заземляется приемный электрод N. Электроды бывают парные и непарные

Парными называются электроды одного назначения:

AB – парные, питающие электроды .

MN – парные, приемные электроды.

AN – непарные электроды.

Различают потенциал – зонд и градиент – зонд.

Потенциал – зондом называется зонд, в котором, расстояние между непарными электродами мало, чем расстояние между парными электродами. Длина зонда ($L_{пз}$) равна расстоянию между непарными электродами.

Градиент-зондом называется зонд, в котором расстояние между парными меньше, чем расстояние между непарными электродами. Длина градиент-зонда определяется расстоянием АО: от непарного до середины между электродами. Чаще $L_{гз} \approx 2,0$ м.

Если парные электроды расположены выше непарного, то такой градиент-зонд называется кровельным или обращенным.

Если парные электроды расположены ниже непарного, то такой градиент-зонд называется подошвенным или последовательным.

КС – каротаж сопротивлений основан на изучении удельного электрического сопротивления пород.

Контрольные вопросы

1. Сущность электрического каротажа?
2. Виды электрического каротажа?
3. Сущность каротажа сопротивлений?
4. Сущность каротажа КС?

Урок № 25

Тема № 25

Ядерно-геофизические методы исследования скважин

План

1. Гамма-каротаж (ГК).
2. Методы скважинных исследований с искусственным облучением горных пород.
3. Гамма-гамма-каротаж (ГГК).
4. Нейтронные методы каротажа.
5. Рентгенорадиометрический каротаж (РПК).

1. На изучении естественной радиоактивности горных пород основан гамма-каротаж или гамма-метод (ГМ). Это аналог радиометрии.

Работы проводят с помощью скважинных радиометров разных марок. Электрические сигналы, пропорциональные интенсивности гамма-излучения, передаются с них по кабелю в обычную каротажную станцию, где и осуществляется их автоматическая регистрация.

В результате гамма-каротажа записывается непрерывная кривая, или диаграмма, интенсивности гамма-излучения (γ). Величина измеряется в импульсах за минуту или в микрорентгенах в час (гаммах). Поскольку распад ядер является случайным процессом, то интенсивность гамма-излучения колеблется около среднего уровня, испытывая статистические флуктуации. Для их учета применяются повторные записи с меньшей скоростью проведения наблюдений. Так как гамма-лучи почти полностью поглощаются слоем породы толщиной 1 - 2 м, а до 30 % ядерной энергии не пропускается обсадными трубами, то скважинный радиометр может фиксировать гамма-излучение пород, расположенных в радиусе, не превышающем 0,5 м от оси скважины. Увеличение диаметра скважины и наличие воды или бурового раствора в ней еще больше снижают радиус обследования.

На диаграммах гамма-каротажа выявляются пласты с разной степенью радиоактивности. Максимумами выделяются породы и руды, содержащие уран, радий, торий, калий-40 и другие радиоактивные элементы, а также граниты, глины; минимумами - песчаные и карбонатные породы.

Спектрометрия естественного гамма-излучения, т.е. определение энергии гамма-лучей, служит для выделения в разрезах скважин пород и руд, содержащих определенные элементы, например, калий, торий, уран, фосфор и др.

2. Методы скважинных исследований с искусственным облучением горных пород.

В искусственных скважинных методах ядерных исследований изучаются явления поглощения, замедления, рассеяния гамма-лучей и нейтронов, а также вызванное, вторичное радиоактивное излучение. Эти методы являются ядерно-физическими. Для этого в скважину опускается глубинный зонд с источником гамма-лучей или нейтронов, облучающий горные породы. В этой же скважине за экраном (свинец для гамма-лучей или парафин для нейтронов), препятствующим прямому воздействию облучений, помещается регистратор гамма-лучей или нейтронов. В настоящее время широко используются несколько методов искусственных ядерных исследований в скважинах. Рассмотрим некоторые из них.

3. При гамма-гамма-каротаже (ГГК), или гамма-гамма-методе (ГГМ), измеряется рассеянное гамма-излучение, являющееся следствием облучения пород источником гамма-лучей, например, радиоактивным кобальтом, сурьмой. При взаимодействии гамма-квантов с атомами горной породы происходит ряд сложных процессов, среди которых основные - фотоэлектрическое поглощение гамма-квантов атомами вещества, комптон-эффект и др. Чем больше плотность породы, тем больше поглощение и меньше интенсивность рассеянного излучения. И наоборот, против пористых пород с малой плотностью наблюдаются максимумы на диаграммах гамма-гамма-каротажа. Поэтому основная область применения этого метода - расчленение пород по их плотности. Радиус обследуемых пород равен 10 - 15 см от оси скважины. Получаемая по данным ГГК средняя объемная плотность пород может служить для расчета их пористости и оценки коллекторских свойств.

4. В нейтронных методах каротажа изучаются ядерные процессы, происходящие при облучении пород быстрыми нейтронами. Если порода содержит большое количество ядер водорода (вода, нефть, газ), то быстрые нейтроны превращаются в тепловые после небольших путей пробега (до 30 см) или вблизи источника. На больших расстояниях (свыше 40 см) плотность тепловых нейтронов будет меньшей. Поскольку тепловые нейтроны подвержены радиационному захвату с сопровождающим его вторичным гамма-излучением, то с ростом тепловых нейтронов растет вторичное гамма-излучение, а там, где тепловых нейтронов мало, гамма-излучение будет слабым.

Таким образом, на больших расстояниях от источника (40 - 60 см), т.е. на зондах большой длины, в породах, содержащих тяжелые элементы, плотность тепловых нейтронов и вторичное гамма-излучение будут выше, чем в водородсодержащих породах. Радиус обследуемых нейтронными методами пород меняется от 20 до 60 см.

При нейтрон-нейтронном каротаже (ННК), или нейтрон-нейтронном методе (ННМ), измеряется плотность тепловых нейтронов или их интенсивность. При нейтронном гамма-каротаже (НГК), или нейтрон-гамма методе (НГМ), измеряется интенсивность вторичного гамма-излучения, возникающего при радиационном захвате тепловых нейтронов ядрами элементов горной породы. Наблюдения в методах ННК и НГК проводятся с зондами большого размера (40 - 60 см от источника нейтронов).

Нейтронные методы каротажа (ННК и НГК) применяются для расчленения геологических разрезов и особенно для выявления водород- и хлорсодержащих пород, а также оценки их пористости.

5. Среди искусственных методов ядерного каротажа на месторождениях твердых полезных ископаемых одним из наиболее перспективных является рентгенорадиометрический каротаж (РРК). В этом методе породы облучаются каким-нибудь радиоизотопным источником (например, селен-75, кобальт-57, железо-55 и др.). В результате облучения ядра рудных элементов возбуждаются, что сопровождается так называемым характеристическим рентгеновским излучением, энергетический спектр которого различен у разных элементов. Изучая спектры этого излучения или отношения интенсивностей в разных интервалах спектров, можно выделить в разрезах скважин руды, содержащие определенные элементы.

Контрольные вопросы

1. Что такое радиоактивность?
2. Сущность гамма каротажа?
3. Сущность гамма-гамма каротажа?
4. Сущность нейтронного каротажа?

Урок № 26

Тема № 26

Технические операции в скважинах

Резистивиметрия. Измерение температур. Инклинометрия. Кавернометрия. Отбор фунтов и перфорация скважин. Техника безопасности.

План.

1. Резистивиметрия.
2. Термометрия.
3. Кавернометрия.
4. Инклинометрия.
5. Отбор фунтов и перфорация скважин.

1. Резистивиметрия. Под резистивиметрическими исследованиями понимается определение сопротивления бурового раствора или воды в скважине. Работы проводят резистивиметром, который представляет собой зонд малых размеров, помещенный в трубку из изолятора. При перемещении зонда по скважине внутри трубки свободно проходит жидкость, заполняющая скважину, а влияние окружающих пород исключается стенками трубки. Регистрация проводится так же, как и в методе КС. Коэффициент резистивиметра определяется путем его эталонировки в жидкости с известным сопротивлением.

Данные о сопротивлении бурового раствора или воды в скважине используются для обработки каротажных диаграмм (особенно при БКЗ) и для выявления мест подтока подземных вод разной минерализации. Кроме того, резистивиметрия применяется для изучения скоростей фильтрации подземных вод.

2. Термометрия. При термическом (или геотермическом) каротаже вдоль ствола скважины непрерывно регистрируется температура среды. Для термических исследований чаще всего применяют электрические термометры (или термометры сопротивлений) разных марок и регистрирующее устройство обычной каротажной станции.

На температуры в скважинах искажающее влияние могут оказывать разные причины: изменение диаметра скважины, потоки воздуха или буровой жидкости, нагрев породы после бурения и др. Эти факторы необходимо учитывать или исключать при выявлении температурных аномалий.

Термический каротаж подразделяется на методы естественных (МЕТ) и искусственных (МИТ) тепловых полей. Кривая изменения естественных температур пород в скважине (рис. а) и рассчитанный по ней геотермический градиент каждого i -го пласта зависят от теплового потока и теплопроводности слагающих пород. В случае горизонтального залегания пород тепловой поток по стволу скважины остается практически постоянным, и по графику геотермического градиента легко выделить породы с разной теплопроводностью.

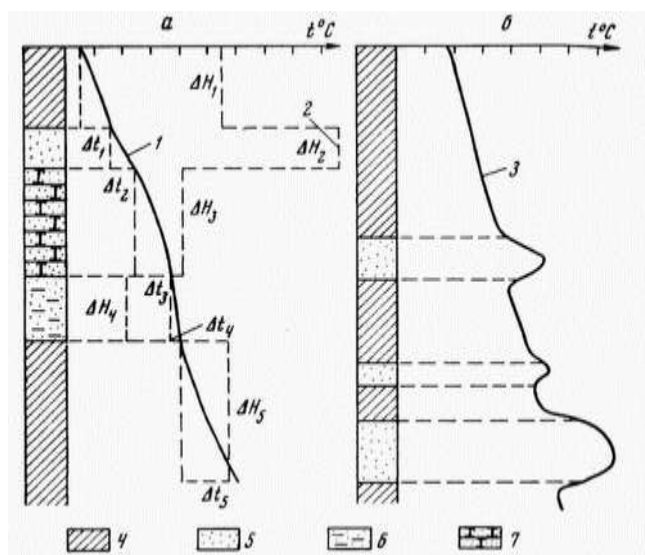


Рис. 1 Общий вид скважинных термограмм тепловых полей, естественного (а) и искусственного (б) при температуре бурового раствора, меньшей температуры породы: 1, 3 - термограммы; 2 - график геотермического градиента; 4 - глины; 5 - пески сухие; 6 - пески влажные; 7 - песчаники

При изучении искусственных тепловых полей буровая жидкость или вода в скважине подогревается или охлаждается. Периодически измеряют температуру по стволу скважины до установления нормальных температур. В результате выявляются аномалии (рис.1).

Термические исследования применяют для изучения тепловых потоков в земной коре, изучения границ распространения мерзлых пород, выявления в разрезах скважин газо-, нефте- и водоносных пород, углей, различных руд, определения мест притоков газа, нефти, подземных вод, оценки скоростей фильтрации подземных вод и решения ряда других задач. Методы искусственного теплового поля применяют в основном для изучения пористости пород и их фильтрационных свойств.

3. Кавернометрия. Для измерения диаметров скважин применяются специальный прибор - каверномер и оборудование обычной каротажной станции. Каверномер состоит из металлической гильзы, вдоль ствола которой располагаются ромбовидные рычаги-шупы, при подъеме каверномера рычаги под действием пружины раскрываются и плотно прижимаются к стенкам скважины. При изменении угла раскрытия рычагов движется закрепленный на них шток, который связан с ползунковым реостатом. Это приводит к изменению сопротивления реостата и тока в электрической цепи, который подается на регистратор. Установив в процессе градуировки зависимость между током и радиусом раскрытия рычагов, легко перевести график его изменения в кривую изменения диаметра скважины (кавернограмму). Она служит для уточнения геологического разреза, изучения технического состояния скважин и интерпретации результатов скважинных исследований.

4. Инклинометрия. Для определения на любой глубине угла отклонения оси скважины от вертикали и азимута ее искривления по отношению к устью применяются специальный прибор - инклинометр и оборудование обычной каротажной станции. В необсаженных скважинах используются электрические инклинометры. В корпусе такого инклинометра помещается свободно подвешенная рамка, которая по отвесу располагается горизонтально. На ней имеется буссоль для измерения азимута и указатель наклона. Стрелка буссоли и указатель наклона рамки скользят по реохордам азимутов и углов наклона, которые поочередно можно подключать к токовой линии инклинометра. Стрелка и указатель передают напряжение с реохордов, пропорциональное азимуту или углу наклона.

В скважинах, обсаженных металлическими трубами, измерение азимута и угла проводят гироскопическими инклинометрами. Принцип работы этих приборов основан на свойстве гироскопа (устройства, маховик которого быстро вращается от специального электромотора) сохранять неизменной в пространстве ось вращения. В инклинометре два гироскопа: один для измерения азимутов, другой - для измерения углов наклона. С помощью особых электрических схем определяются углы, составленные инклинометром (направлением скважины) с осями вращения гироскопов.

Точность измерения углов инклинометром достигает 30', а азимутов - нескольких градусов. Если учесть, что глубокая скважина на разных глубинах может отклоняться от вертикали на сотни метров, а по азимуту превышать 360°, то нетрудно понять практическое значение инклинометрии. Особенно необходима инклинометрия в скважинах наклонного бурения.

5. Отбор фунтов и перфорация скважин.

Для извлечения нефти, газа, подземных вод из пластов, обсаженных трубами, надо пробить отверстие в трубах, чтобы обеспечить доступ жидкого или газообразного ископаемого в скважину, а затем подачу его на поверхность. Прострелочные работы в скважинах выполняются с помощью специальных устройств - перфораторов с использованием оборудования обычных каротажных станций. Операция по прострелу колонны обсадных труб производится различными стреляющими устройствами: пулевыми, беспулевыми, кумулятивными, торпедными перфораторами.

Пулевой перфоратор состоит из стального ствола с несколькими отверстиями по длине, в которых располагаются пули весом 9 - 27 г. За каждой пулей имеется взрывная камера, заполненная порохом. Для подрыва пороха в камеру подводится электровоспламенитель. При взрыве пуля пробивает трубу, окружающий ее цемент и образует отверстие, что и обеспечивает поступление из пласта в скважину газа, нефти или воды.

В беспулевых, кумулятивных перфораторах перфорация производится раскаленной металлической струей, возникающей при взрыве взрывчатого вещества (гексагена).

Торпедный перфоратор стреляет снарядами диаметром от 22 до 84 мм. В снаряде имеется взрывчатое вещество, которое взрывается, когда снаряд входит в породу, и разрушает ее.

Для взятия на отдельных участках скважины образцов пород применяется огнестрельный (стреляющий) грунтонос. Он похож на пулевой перфоратор. Боек грунтоноса имеет отверстие, в которое проникает порода при внедрении его в стенки скважины. При подъеме грунтоноса боек на тросике извлекается вместе с породой.

Контрольные вопросы

1. Сущность технического контроля за состоянием скважин?
2. Сущность кавернометрии?
3. Сущность инклинометрии?
4. Назначение перфорации в скважинах?

Урок № 27

Тема № 27

Комплексирование геофизических методов исследования скважин

План.

1. Задачи, решаемые комплексными каротажными исследованиями.
2. Геологическое расчленение разрезов скважин
3. Количественная интерпретация ГИС.

1. Геофизические исследования в скважинах дают сведения о литологии пород, наличии тех или иных полезных ископаемых, мощности отдельных пластов, коллекторских, фильтрационных свойствах, пористости окружающих пород и т.п..

2. Геологическое расчленение разрезов скважин

Геологическое расчленение разрезов скважин и, в частности, определение литологии, мощности слоев, наличия различных полезных ископаемых - главное назначение геофизических методов исследований скважин. Эти задачи в ходе качественной интерпретации решаются в такой последовательности. На диаграммах, полученных разными методами, выделяются аномалии: максимумы, минимумы, положительные, отрицательные, повышенные, пониженные, средние, нулевые значения тех или иных параметров поля. Производится расчленение разреза на пласты, выясняются их положение и мощность, которая может быть определена по ширине большинства аномалий (ПС, КС, γ и др.). Кровля или

подошва пластов выделяется по экстремумам КС, измеренным градиент-зондом, по акустическому каротажу.

Далее проводится корреляция одинаковых по виду аномалий по соседним скважинам. Сначала выделяются опорные горизонты (реперы), т.е. такие участки диаграмм, которые связаны с выдержанными по простиранию пластами, четко отличающимися по физическим свойствам от окружающих пород (например, в песчано-глинистых отложениях репером может быть пласт глин, слой известняков). Затем по каротажным диаграммам соседних скважин проводится корреляция всех слоев с одинаковым типом и формой аномалий.

Следующий этап интерпретации - сопоставление полученных по аномалиям разных методов каротажа пластов с определенными литологическими комплексами, или геологическое истолкование результатов. Для увязки геофизических данных с литологией используют все сведения по геологическому строению района, в том числе данные картировочного бурения, поинтервального отбора керна, анализа образцов, полученных с помощью грунтоносов, а также шлама и буровой жидкости в процессе проходки скважин.

Изверженные породы на диаграммах естественного поля (ПС) выделяются слабыми аномалиями положительного и отрицательного знака.

Полиметаллические, железные, сульфидные руды отличаются следующими аномалиями: интенсивными максимумами и минимумами ПС (особенно сульфидные руды), минимумами КС, максимумами ВП, повышенными значениями естественного гамма-излучения, скорости распространения упругих волн и магнитной восприимчивости (особенно у железных руд), пониженной интенсивностью рассеянного гамма-излучения.

Карбонатные породы характеризуются отрицательными значениями ПС, высокими сопротивлениями (сотни и даже тысячи ом*метров) у плотных пород и низкими сопротивлениями (десятки ом*метров) у трещиноватых и обводненных, небольшими аномалиями вызванных потенциалов. На диаграмме гамма-каротажа они выделяются низкими значениями, а на диаграммах нейтронных методов больших зондов - повышенными и у сухих пород и пониженными у трещиноватых и обводненных. Они отличаются высокими скоростями распространения упругих волн и очень низкими значениями магнитной восприимчивости.

Песчаники и пески на диаграммах собственной поляризации выделяются, как правило, отрицательными аномалиями; сопротивление их меняется от долей ом*метров у песков, насыщенных минерализованными водами, до сотен ом*метров у цементированных песчаников; вызванные потенциалы бывают повышенными, особенно если в породе присутствуют глинистые частицы. Естественное гамма-излучение песчаников и песков по сравнению с глинами невелико, а вторичное гамма-излучение большое.

Глины и глинистые сланцы отмечаются на диаграммах положительными аномалиями ПС, низкими сопротивлениями (1 - 50 ом*м), малыми значениями вызванных потенциалов. Гамма-излучение у глин выше, чем у всех других осадочных пород. На диаграммах нейтронных методов глины отличаются минимумами, тем большими, чем больше их кавернозность, пористость и влагонасыщенность. Скорость распространения упругих волн у глин больше, чем у песков, и меньше, чем у песчаников.

Угли отличаются резкими положительными значениями ПС, широким диапазоном изменения КС (от единиц у антрацитов до сотен ом*метров у коксующихся и газовых углей), максимумами вызванных потенциалов. На диаграммах ядерных, акустических и магнитных методов пласты угля выделяются минимумами.

Приведенный обзор особенностей аномалий, наблюдаемых при каротаже против разных пород, показывает, что по данным одного-двух методов трудно судить о литологии пород, пройденных скважиной. Имея же несколько параметров (4 - 8), литологическую характеристику разреза можно дать довольно точно. Геологическую интерпретацию каротажных диаграмм можно проводить автоматически, применяя электронные вычислительные машины. Проще всего такую обработку вести при цифровой регистрации геофизических полей в скважинах.

По данным интерпретации диаграмм каротажа и корреляционных разрезов в изученном районе можно построить геологические разрезы, структурные карты, карты мощностей и решить другие геологические задачи.

3. Количественная интерпретация ГИС

К количественной интерпретации ГИС относится точное определение мощности пластов и их физико-геологических характеристик.

С помощью теоретических кривых, номограмм, таблиц, имеющихся для каждого скважинного метода, можно вести количественную, а чаще всего полуколичественную (оценочную) интерпретацию.

Конечная цель такой интерпретации - определение мощности и физических свойств выделенных в разрезе пластов, оценка литологии коллекторских, фильтрационных свойств, наличия тех или иных полезных ископаемых (особенно нефти, газа, воды и др.) и т.п.

Количественная (или полуколичественная) интерпретация имеет конечной целью определение пористости, проницаемости, нефтегазонасыщенности отдельных пластов.

Контрольные вопросы

1. Сущность корреляции данных ГИС?
2. Как выделяются глины на кривых каротажа?
3. Назначение номограмм?
4. Сущность количественной интерпретации ГИС?

Урок № 28

Тема № 28

Принципы комплексирования

План

1. Сущность комплексирования.
2. Рациональный комплекс.
3. Физико-геологическая модель.

1. Комплексирование геофизических методов, при решении геологических задач.

При решении геологических задач используется комплекс геофизических, геологических и геохимических данных, что позволяет однозначно истолковать результаты геофизических съемок. Геофизические методы позволяют изучать геологические объекты, не выходящие на земную поверхность, относительно низкой стоимостью и высокой производительностью работ, а также получать объективную информацию о физических полях, создаваемых геологическими объектами. К недостаткам геофизических методов можно считать неоднозначность решения обратной задачи геофизики. Снижение неоднозначности можно достигнуть постановкой исследований несколькими геофизическими методами – их комплексированием.

2. Под рациональным геофизическим комплексом понимается обоснованное сочетание геофизических методов и сопровождающих их геологических и геохимических видов исследований для наиболее полного решения геологической задачи.

Целесообразность включения в комплекс того или иного метода определяется путем сравнительных оценок геологической и экономической эффективности на основе опытных работ.

3. Выбор рационального комплекса методов реализуется с помощью: составления ФГМ (физико-геологической модели), выяснения применимости методов.

Для описания ФГМ необходимы следующие данные:

- а) Степень различия физических свойств геологических объектов от вмещающих пород.
- б) Представление геологических объектов правильной геометрической формой, что позволяет решать прямую задачу геофизики.

ФГМ – это обобщенная модель ряда объектов определенного класса.

Эффективность использования ФГМ зависит от решения конкретной геологической задачи. Например при поисках оловорудных месторождений на определенном этапе достаточно ограничиться моделью вскрытого рудного тела, которое отмечается ореолами олова и свинца, а в ряде случаев – аномалиями проводимости и естественного поля.

Таким образом, ФГМ создается путем приближения по мере накоплений знаний об объекте. При малом объеме информации модель груба и следовательно, неопределенность выбора геофизических методов велика. При накоплении информации о моделируемых геологических объектах совершенствуется выбор геофизического комплекса и методика геофизических исследований.

Контрольные вопросы

1. Принципы комплексирования геофизических методов при решении задач гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях
2. Применение геофизических методов при инженерно-геологических изысканиях

Урок № 29

Тема № 29 (практика)

Применение геофизических методов при геологическом картировании, поисках и разведке месторождений полезных ископаемых.

План

1. Изучение глубинного строения Земли.
 2. Геологическое картирование.
 3. Поиски и разведка месторождений нефти, газа.
 4. Поиски и разведка месторождений каменных углей.
 5. Поиски и разведка месторождений черных полезных ископаемых.
 6. Поиски и разведка месторождений цветных полезных ископаемых.
 7. Поиски и разведка месторождений радиоактивного сырья.
-
1. Исследование больших глубин Земли геофизическими методами дает возможность оценить изменения физических параметров температуры и химического состава с глубиной, а также изучать происходящие в недрах процессы.

Наибольшие изменения с глубиной скоростей сейсмических волн, упругих модулей, плотности и поля силы тяжести происходят вдоль радиуса Земли. Особенно они велики на границах мантии и внешнего ядра, внешнего и внутреннего ядра (рис.1).

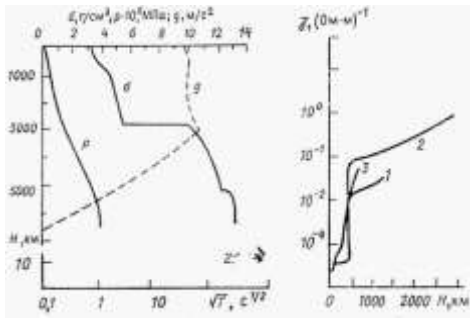


Рис. 1 Графики изменения давления, плотности и ускорения свободного падения в Земле с глубиной

2. Целью региональной геофизики является решение задач структурно-геологического картирования, которое выполняется в виде сплошных внemasштабных и мелко- (масштаб меньше 1:500000), средне- (масштаб 1:100000 – 1:200000) и крупномасштабных (масштаб 1:50000 и крупнее) съемок суши и акваторий. В результате в комплексе с геологическим картированием определяются: литолого-петрографический состав и структурно-тектоническое строение осадочных горных пород, подстилающего их кристаллического фундамента и земной коры, т.е. осуществляется изучение объемного строения недр до глубин в несколько первых десятков километров с построением глубинных разрезов и карт-срезов по опорным геолого-геофизическим горизонтам на разной глубине. Данные геофизики используются для составления геологических, тектонических карт, которые необходимы для выявления месторождений нефти, газа, твердых полезных ископаемых, участков, благоприятных для промышленного, энергетического, сельскохозяйственного освоения и строительства.

3. **Месторождение нефти и газа** – это структурно-тектонический и литологический комплекс, в котором располагаются залежи, т.е. скопления нефти и газа. Залежи приурочены к ловушкам, сложенным пористыми, трещиноватыми породами (коллекторами) и ограниченными, по крайней мере, в кровле слабопроницаемыми породами-покрышками (экранами). Основными структурными ловушками являются:

- крупные (размером с десятки и сотни километров и амплитудой свыше 1% от глубины залегания) антиклинальные и сводовые поднятия;
- локальные поднятия небольших размеров (единицы и первые десятки километров в поперечнике и амплитудой менее 0,1% от глубины залегания);
- структурно-литологические (комбинированные) ловушки, связанные с погребенными рифами, соляными куполами и тектоническими нарушениями;
- неантиклинальные ловушки в терригенных отложениях (зоны выклинивания слоев, фациальных замещений, стратиграфических несогласий, эрозионно-аккумулятивных древних долин, дельт и т.п.).

Поиски НГ проводятся в основном сейсморазведкой, дополнительное значение имеют электрические и электромагнитные зондирования, грави- и магниторазведка. Площадная, трехмерная (3- D) и объемная сейсморазведка МОВ обладает наибольшей разрешающей способностью, так как позволяет выделять поднятия по нескольким структурным горизонтам с амплитудой свыше 30-100 м, или с погрешностью менее 1% от глубины залегания. Электрические и электромагнитные зондирования применяют лишь при разведке крупных структур (с поперечным размером больше их глубины залегания и амплитудой не менее 10% от этой глубины). С помощью высокоточной гравиметрической съемки в случае унаследованных по всем структурным этажам структур положительными аномалиями могут выделяться антиклинали, имеющие амплитуду до 10-30% от глубины залегания. Однако при несовпадении структурных планов, сложном региональном фоне, плотностной неоднородности разреза в горизонтальном направлении результаты гравиразведки оказываются недостаточно определенными. Магниторазведка при поисках нефти и газа имеет вспомогательное значение.

На стадии разведки нефти и газа применяют следующие геофизические методы: сейсморазведку (МОГТ) в трехмерном (3- D) площадном варианте (сейсмическая томография), когда по сотням расставленных на изучаемой площади сейсмоприемников улавливаются упругие волны, приходящие от расположенных в разных частях этой площади пунктов возбуждения. Проверка выявленных структур-ловушек осуществляется бурением параметрических и поисково-разведочных скважин и проведением в них геофизических исследований. Окончательные выводы по разведанным месторождениям делают на основе результатов комплексных геолого-геофизических исследований, выполненных как при разведке, так и в ходе предшествующих поисковых работ и обычно заканчивающихся построением сейсмостратиграфических карт и разрезов.

Целью детальной разведки является изучение особенностей морфологии и внутреннего строения отдельных рудных тел, что необходимо для подсчета запасов, оценки горнотехнических и гидрогеологических условий проведения эксплуатационных работ. Детальную разведку осуществляют главным образом с помощью скважин и горных выработок. Из геофизических методов на этом этапе применяют исследования скважин и геоэлектрохимические и подземные методы. В результате геологи и геофизики составляют геолого-геофизическую документацию в масштабе 1:5000, 1:2000, 1:1000 для подсчета запасов и представления материалов в Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых. При доразведке и эксплуатационной разведке месторождений, сопровождающейся проходкой вертикальных и горизонтальных подземных горных выработок, а также в ходе непосредственной эксплуатации месторождений иногда применяют комплекс методов шахтно-рудничной геофизики (методы радиоволнового и сейсмоакустического просвечивания или ядерно-физические методы).

4. Ведущими наземными и скважинными методами разведки **угольных месторождений** являются электрические. Это объясняется характерными свойствами углей, удельное электрическое сопротивление которых изменяется в очень широких пределах (от 10^{-5} до 10^4 Ом*м). Оно зависит от химико-технологических характеристик угля, степени их углефикации и обводненности.

Антрациты и графит, являясь электронными проводниками, отличаются высокой электропроводностью, электрохимической активностью и поляризуемостью. В зависимости от литологии, степени метаморфизма и обводненности угли могут отличаться как высоким, так и низким электрическим сопротивлением от вмещающих пород. Иногда их электрическое сопротивление такое же, как у вмещающих пород. Кроме того, угольные пласты характеризуются пониженными, по сравнению с вмещающими породами, плотностью, скоростью упругих волн, повышенной поляризуемостью.

Сланцы, торф отличаются от окружающих пород пониженными значениями плотности, скорости распространения упругих волн, электрохимического сопротивления.

В зависимости от структурных и генетических особенностей угольных месторождений их изучение проводят разными комплексами геофизических методов. Например, на месторождениях платформенного типа с горизонтальным и пологим залеганием угленосных толщ применяют электрические и электромагнитные зондирования, сейсморазведку МОВ, гравиразведку. На месторождениях геосинклинального типа с крутым залеганием угольных толщ набор геофизических методов определяется глубиной их залегания. При больших глубинах залегания (на закрытых угольных месторождениях) применяют те же методы, что и на месторождениях платформенного типа. На месторождениях открытого типа с мощностью наносов до нескольких десятков метров широко используют методы электрического и электромагнитного профилирования (ЭП, ЕП, ДЭМП), гравиразведку и сейсморазведку МПВ.

На стадии детальной разведки при подготовке и в ходе эксплуатации угольных месторождений основным методом разведки является бурение. Оно служит для проверки геофизических данных,

подсчета запасов, определения качества (марки) углей. Особое место на этом этапе детальной разведки занимают геофизические методы исследования скважин: электрические, ядерные, сейсмоакустические.

5. Поиски и разведка черных металлов.

При поисках и разведке черных металлов используют комплекс геофизических методов, среди которых основными являются методы магнито- и гравиразведки, а методы электро- и сейсморазведки носят вспомогательный характер. Месторождения черных металлов по условиям образования весьма разнообразны, а слагающие их руды обладают различными физическими свойствами. Например, магнетитовые рудные тела характеризуются высокими значениями магнитной восприимчивости, плотности и электропроводности. Поэтому прежде всего для их поисков и разведки следует применять магниторазведку. Эффективному применению гравиразведки способствует большая плотность железных руд ($3,2-4,7 \text{ г/см}^3$) по сравнению с рудовмещающими породами ($2,6-3 \text{ г/см}^3$). Значение методов электроразведки существенно повышается при поисках слабомагнитных буро-железистых месторождений в осадочных породах и коре выветривания. Сейсморазведку при поисках и разведке черных металлов применяют, в основном, для изучения рельефа поверхности кристаллического фундамента и определения мощности покровных отложений над рудными залежами.

В качестве примера рассмотрим результаты применения магнито- и электроразведки на контактово-метасоматическом месторождении в Горной Шории (рис. 1). Рудные тела столбчатой формы, содержащие магнетит, приурочены здесь к сланцевой толще, прорванной мелкими штоками порфиритов и сиенитов. На одном из профилей наблюдений рудное тело уверенно фиксируется повышенными значениями вертикальной составляющей аномального магнитного поля, кажущейся поляризуемости (ВП) и пониженными значениями кажущегося сопротивления (КС).

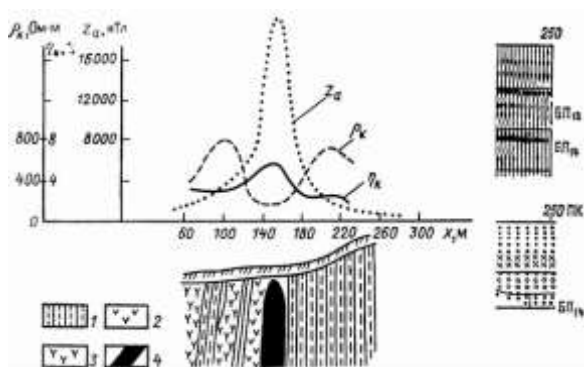


Рис. 1 Графики и на железорудном месторождении (по А.З.Горину): 1 – сланцевая толща, 2 – порфириты, 3 – сиениты, 4 – магнетитовая руда

6. Поиски месторождений **цветных и особенно редких** металлов затруднены тем, что объекты исследований содержат малые концентрации полезных элементов с очень неравномерным их распределением в горных породах, отличаются небольшими по сравнению с глубиной залегания размерами рудных тел. Поэтому они слабо проявляются в физических полях на дневной поверхности. Однако применение геофизических методов значительно повышает эффективность поисково-разведочных работ на цветные и редкие металлы, позволяя вести разведку целенаправленно на заведомо перспективных площадях и на «слепых» месторождениях. В каждом конкретном случае, исходя из геологических условий, выбирают тот или иной комплекс методов. Как правило, геофизические методы дают не прямые, а косвенные указания на наличие месторождений, выявляя участки, наиболее благоприятные для залегания руд, в том числе на флангах известных месторождений. Поэтому в

комплексе с геофизическими в качестве прямых поисковых применяют геохимические методы, чаще всего металлометрическую съемку.

Для поисков цветных металлов, как правило полиметаллических руд, используются электромагнитные профилирования естественными и вызванными потенциалами (ЕП, ВП) и индуктивные методы: низкочастотные (НЧМ) или переходных процессов (МПП). Детальная разведка проводится методами ВЭЗ-ВП, МПП, геоэлектрохимическими методами с использованием скважин.

7. При поисках и разведке месторождений радиоактивного сырья, разнообразных по генетическим признакам и условиям залегания, основными поисковыми методами являются ядерно-геофизические. При этом измеряется естественная радиоактивность горных пород и руд (пешеходная, автомобильная и аэрогамма-съемки, эманационная съемка, гамма-каротаж) (см. рис. 2).

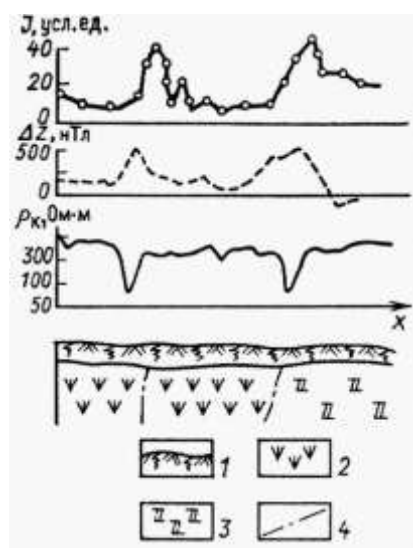


Рис. 2 Графики и над ураноносными тектоническими зонами дробления в эффузивах: 1 – элювий-дельта, 2 – трахилипариты, 3 – трахидациты и их туфы, 4 – разрывные нарушения

Контрольные вопросы

1. Комплекс геофизических методов для изучение глубинного строения Земли?
2. Комплекс геофизических методов для геологическое картирование.
3. Комплекс геофизических методов для поисков и разведки месторождений нефти, газа?
4. Комплекс геофизических методов для поисков и разведки месторождений каменных углей?
5. Комплекс геофизических методов для поисков и разведки месторождений черных полезных ископаемых?
6. Комплекс геофизических методов для поисков и разведки месторождений цветных полезных ископаемых?
7. Комплекс геофизических методов для поисков и разведки месторождений радиоактивного сырья?

Урок № 30

Тема № 30

Применение геофизических методов при гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях

План.

1. Геофизические методы при гидрогеологических съемках.
2. Общая характеристика инженерно-геологической геофизики.
3. Изучение условий строительства инженерных сооружений.

1. Геофизические методы при гидрогеологических съемках.

Гидрогеологические съемки начинаются с обзорных и мелкомасштабных (мельче 1:500000) съемок крупных территорий, проводимых в ходе геологических съемок более мелкого масштаба. Их целью является районирование территорий с точки зрения выделения гидрогеологических бассейнов и структур с артезианскими, пластовыми, трещинными, пластово-трещинными, грунтовыми водами и грубой оценки ресурсов пресных, минерализованных и термальных вод.

Среднемасштабные гидрогеологические съемки (1:200000 - 1:100000) предназначены для попланшетного (полистного) изучения территории. Они служат для решения следующих гидрогеологических задач: гидрогеологической стратификации разрезов с выделением водоносных и водоупорных комплексов; изучения зон аэрации, грунтовых, пластовых и трещинных вод; выявления пресных, минеральных, термальных вод; выяснения изменений гидродинамических, гидрохимических, гидротермических и криологических условий в плане и по глубине; проведения работ по водоснабжению, сельскохозяйственной мелиорации и изучению инженерно-геологических условий территории.

При среднемасштабных гидрогеологических съемках используют данные дистанционных аэрокосмических (радиотепловых и радиотелеметрических) съемок, а также методов электромагнитных зондирований, профилирований и грави-магниторазведки. Выбор методов определяется природными условиями, геолого-геофизическим строением, решаемыми задачами и глубиной залегания подземных вод.

Интерпретация данных геофизических методов должна быть направлена не только на получение геометрических параметров разреза, но главным образом на геолого-гидрогеологическое истолкование результатов и, прежде всего, определение фильтрационных свойств пород (коэффициентов фильтрации, водопроницаемости и др.). Для этого устанавливаются вероятностно-статистические связи между геолого-геофизическими свойствами по данным параметрического бурения, опорных геофизических наблюдений у скважин и выполнения ГИС в скважинах.

Густота сети наблюдений при выполнении зондирований не должна превышать 200 x 500 м, а на ключевых участках 100 x 200 м. Шаг наблюдений при профилировании не должен превышать 50 м. Интерпретация данных крупномасштабных геофизических съемок, проводимых с целью решения гидрогеологических задач, сводится к построению разрезов и карт послойных или обобщенных геофильтрационных параметров. Их получают в результате корреляции геофизических и гидрогеологических параметров по опытно-фильтрационным наблюдениям в скважинах и в ходе геофизических работ около них.

Поиски и разведка пресных подземных вод.

Основными задачами геофизических методов при поисках, предварительной и детальной разведке месторождений подземных вод являются:

на стадии поисков - литологическое картирование в плане и по глубине с выделением водовмещающих рыхлых или трещиноватых и закарстованных скальных пород, изучение грунтовых, пластовых и трещинных подземных вод, оценка геофильтрационной и гидрохимической обстановки;

на стадии предварительной разведки - изучение литологического строения, выделение зон повышенной обводненности по значениям коэффициентов фильтрации и водопроницаемости, определение глубин залегания и мощностей водоносных и водоупорных горизонтов, выявление " гидрогеологических окон " в локальных водоупорах, обеспечивающих связь разных водоносных горизонтов, гидрогеохимическое картирование зон с разной минерализацией подземных вод;

на стадии детальной разведки - детализация и проверка данных предварительной разведки бурением скважин, определение эксплуатационных запасов подземных вод разной минерализации путем анализа всех полевых материалов и данных скважинных, в том числе режимных, геофизических наблюдений.

Основными методами поисков и предварительной разведки месторождений пресных, пластовых и грунтовых подземных вод являются вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ, ВЭЗ-ВП) и сейсморазведка методом преломленных волн (МПВ), а при изучении глубоких артезианских бассейнов - сейсморазведка методом отраженных волн (МОВ) и электроразведка (ДЗ, ЗСБ, МТЗ). Трещиноватые обводненные зоны выявляют с помощью методов электромагнитного профилирования. Детализацию выявленных зон с трещинно-карстовыми водами осуществляют методами кругового профилирования (КЭП) и кругового вертикального зондирования (КВЗ).

Сеть наблюдений зависит от масштаба съемок и сложности гидрогеофизических условий. Расстояние между точками наблюдения должно составлять около 1 см в масштабе результирующих разрезов и карт. Очень ответственным является этап физической интерпретации материалов, который обычно проводят с использованием ЭВМ. Геолого-гидрогеологическое истолкование геофизических данных осуществляется на основе вероятностно-статистических связей между геофизическими параметрами и геофильтрационными свойствами в массиве горных пород, определяемыми по данным опытно-фильтрационных работ и геофизических исследований в скважинах.

2. Общая характеристика инженерно-геологической геофизики.

Инженерно-геологическая геофизика - это раздел прикладной геофизики, предназначенный для решения разнообразных инженерно-геологических задач. Геофизические исследования выполняются при проведении средне- и крупномасштабной инженерно-геологических съемок, а также при детальных работах, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией различных сооружений. Они позволяют повышать детальность и точность изысканий, уменьшать затраты времени и средств на проведение инженерно-геологических работ.

Объектом этих исследований обычно является верхняя часть разреза (ВЧР), характеризующаяся значительной неоднородностью, изменчивостью литологического состава, строения и физических свойств горных пород. Эффективность геофизических исследований при изучении этого сложного объекта достигается применением методов различной физической природы, с повышенной детальностью наблюдений, получением интегральных характеристик, отражающих особенности строения и свойств массива пород в его естественном залегании, возможностью многократных повторных наблюдений без нарушения строения и состояния геологической среды. Последнее обстоятельство позволяет осуществлять режимные геофизические наблюдения за интенсивностью геологических процессов, происходящих под воздействием естественных и техногенных факторов.

Инженерно-геологические геофизические исследования выполняют на земной поверхности, в скважинах и горных выработках. Используют также аэрокосмические и аэрогеофизические материалы.

Ведущими методами являются сейсмические: метод преломленных волн (МПВ), реже - отраженных волн (МОВ), а также один-два из следующих: электропрофилирование методами естественного поля (ЕП), кажущихся сопротивлений, радиоволновым (РВП), вертикальные электрические зондирования методом сопротивлений или вызванной поляризации (ВЭЗ или ВЭЗ-ВП), частотные зондирования (ЧЗ), зондирования становлением поля (ЗС) и радиоволновые (РВЗ), гравимагнитные, ядерные и скважинные методы.

3. Изучение условий строительства инженерных сооружений.

Расчленение поверхностных и коренных отложений и изучение оснований проектируемых наземных и подземных инженерных сооружений (промышленных, гражданских, гидротехнических, транспортных и др.) проводят для оценки несущей способности и устойчивости массивов горных пород на конкретных строительных площадках. Эти работы характеризуются большой детальностью (масштаб исследований от 1:10000 до 1:1000). Геофизические методы используют для картирования рыхлых отложений и определения глубины залегания коренных скальных пород, детального расчленения верхней части разреза, оценки физико-механических и водно-физических свойств пород в их естественном залегании, изучения трещиноватости и нарушенности массива, определения уровня грунтовых вод и их динамики. В задачи геофизических методов входит также изучение напряженного состояния коренных пород, выявление геодинамических явлений и сейсмичности (карст, суффозия, оползни, обвалы, просадки и др.), представляющих опасность для будущего строительства, проведение мониторинга за работой ответственных сооружений и изучение их влияния на геологическую среду. В качестве примера на рис. 5.6 приведены результаты комплексных геофизических исследований для изучения рыхлых и скальных пород.

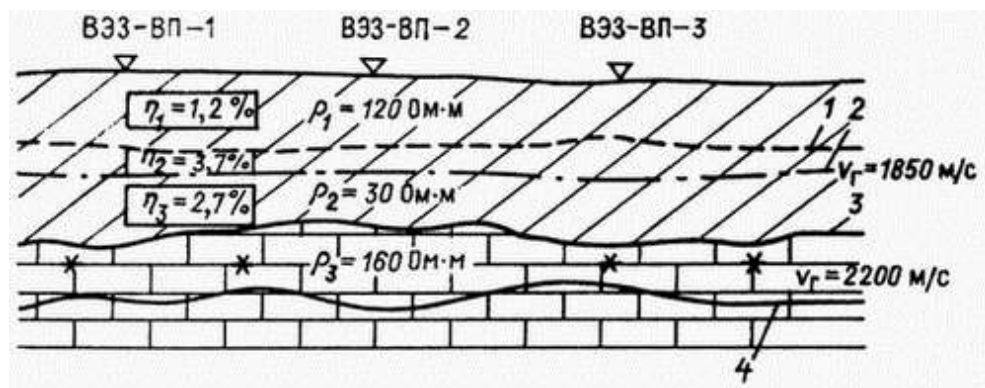


Рис. 1. Пример определения условий залегания скальных пород под рыхлыми образованиями по данным методов ВЭЗ, ВЭЗ-ВП и МПВ: 1 - уровень капиллярного поднятия по данным ВЭЗ-ВП; 2 - поверхность грунтовых вод по данным ВЭЗ, ВЭЗ-ВП и МПВ; 3 и 4 - кровля скальных пород по данным ВЭЗ, сохраненных пород по данным МПВ (V_g - граничная скорость).

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены среднемасштабные гидрогеологические съемки?
2. При инженерно-геологических изысканиях что является обычно объектом исследований?
3. Ведущие геофизические методы при инженерно-геологических исследованиях?

Перечень рекомендуемой литературы

Основная

1. Дягилева А.И., Андревич В.В., "Основы геофизических методов разведки". М. Недра, 1987г.
2. Гринкевич Г.И. "Магниторазведка" М, недра 1987 г.
3. Грушинский Н.П., Сажина Н.Б. "Гравитационная разведка" М. Недра 1987г.
4. Якубовский Ю.В., Ренарл ИВ. "Электроразведки"М. Недра 1991 г.
5. Гурович И.И. "Сейсморазведка" М. Недра 1975 г.
6. Нагля В.В., Овчинников Л.И., "Радиометрические и ядерно-физические методы разведки". М. Недра 1982г.
7. Знаменский В.В., Жданов М.С, Петров Л.П., "Геофизические методы разведки исследования скважин". М. Недра, 1991г.
- 8 Бондаренко В.М., Демура Г.В., Ларионов А.М., "Общий курс геофизических методов разведки". М. Недра 1986г.

Дополнительная

1. Вольвовский Б.С., Кунин Н.Я., Терехин Е.И., "Краткий справочник по полевой геофизике". М. Недра 1997г.
2. Заяц А.П., Нагля В.В., "Радиометрическая аппаратура и оборудование" М.Недра1983 г.
3. Инструкция по магниторазведке Л. Недра 1981 г.
4. Инструкция по электроразведке. Л. Недра 1984г.
5. Сейсморазведка. Справочник геофизика М Недра 1980г.
6. Гравиразведка. Справочник геофизика М. недра 1981 г. 7. Инструкция по радиометрии Л. Недра, 1981.
8. Бобровников Л.З., Орлов Л.Н., Попов В.А., "Полевая электроразведочная аппаратура". Справочник М. Недра 1986г.
9. Электроразведка. Справочник геофизика М Недра 1989г.
10. Якубовский Ю.В., Ляхов Л.Л. Электроразведка М. Недра 1982г.
11. Хмелевский В.К. "Краткий курс разведочной геофизики М. Недра, 1979 г.