Электроразведка

БАКАЛАВРИАТ. ЛЕКЦИЯ №2

Электроразведка

- По методическим особенностям полевых наблюдений электроразведка подразделяется на две большие группы методов:
- Методы профилирования
- Методы зондирования

Методы профилирования

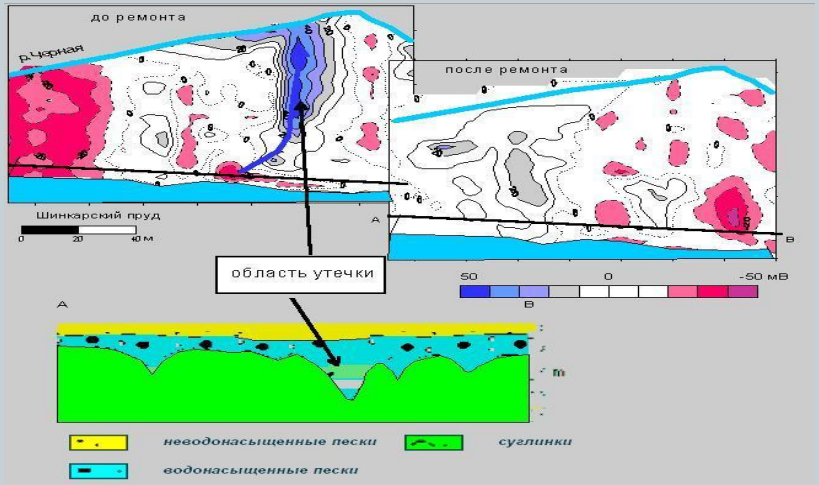
К электромагнитным профилированиям (ЭМП) относится большая группа ускоренных методов электроразведки, в которых методика и техника наблюдений направлены на то, чтобы в каждой точке профиля получить информацию об электромагнитных свойствах среды примерно на одинаковой глубине. Для этого выбираются постоянные или мало меняющиеся разносы между питающими или приемными линиями (r), а также изучаемые частоты (f) или времена (t) переходного процесса. Выбор глубинности, точнее интервала глубин изучения геологического разреза, зависит от решаемых задач и геоэлектрических условий.

Метод естественного электрического поля

- Съемка естественных потенциалов может выполняться двумя способами: способом потенциала (U), при котором производятся измерения разности потенциалов между одной неподвижной точкой и всеми пунктами наблюдений изучаемого профиля или площади, и способом градиента-потенциала (ΔU), при котором измеряется разность потенциалов между двумя электродами, расположенными на постоянном расстоянии друг от друга и перемещаемыми одновременно по профилям.

Метод естественного электрического поля

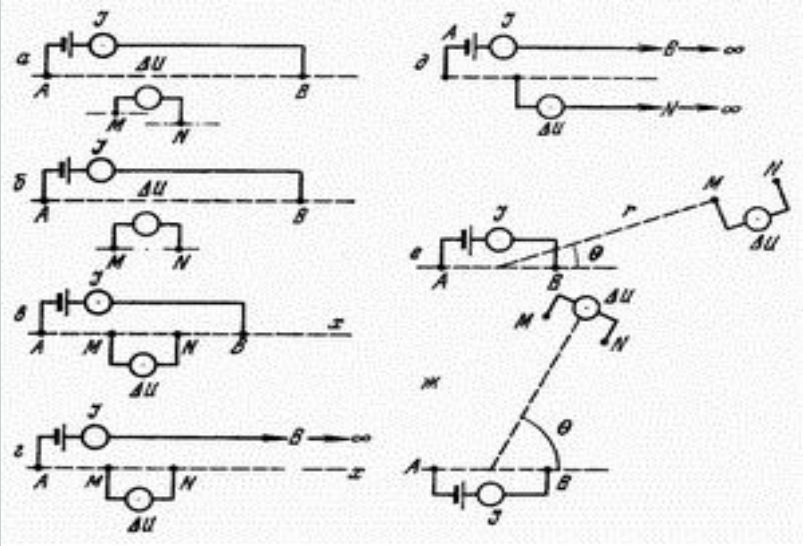
- По результатам съемки ЕП строятся графики, карты графиков и карты или . Метод естественного поля применяется для поисков и разведки сульфидных, нефтяных, графитных и угольных месторождений, при литологическом и гидрогеологическом картировании, выявлении участков коррозии трубопроводов и решении других задач.



Для примера, на рисунке приведены результаты режимных геоэлектрических наблюдений методом ЕП на дамбе Шинкарского водохранилища (водопроводящая система фонтанов г. Петродворца)

Электропрофилирование методом сопротивлений

- Электрическое профилирование или электропрофилирование (ЭП) - это такая модификация метода сопротивлений, при которой вдоль заданных профилей измеряется кажущееся сопротивление с помощью установок постоянного размера, а значит и постоянной глубинности.



План расположения питающих (А и В) и приемных (М и N) электродов в разных установках метода сопротивлений: а - четырехэлектродной, б - срединного градиента, в - симметричной четырехэлектродной, г - трехэлектродной, д - двухэлектродной, е - дипольной радиальной, ж - дипольной азимутальной.

Электропрофилирование методом сопротивлений

- В результате электропрофилирования строятся графики, карты графиков, а также карты КС для каждого разноса питающих электродов. Метод ЭП широко применяется при геологическом, инженерно-геологическом, мерзлотно-гляциологическом, экологическом картировании, поисках твердых полезных ископаемых.

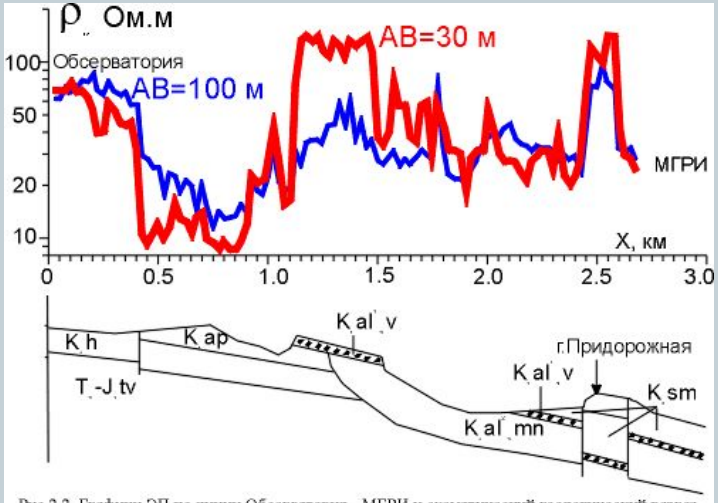


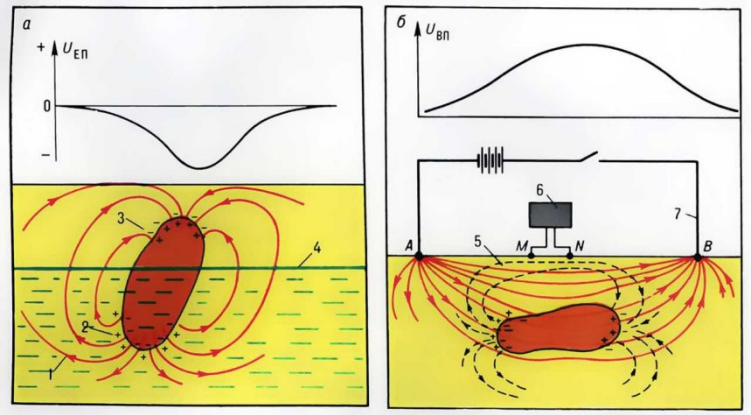
Рис.2.2. Графики ЭП по линии Обсерватория - МГРИ и схематический геологический разрез

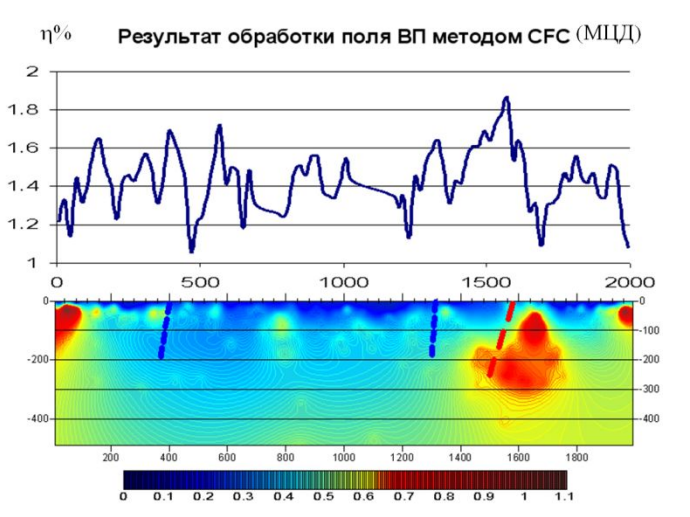
При использовании установки ЭП с двумя питающими линиями АВ = 30 и 100 м с MN 10 м и шагом по профилю 30 м все основные элементы геологического разреза четко выявляются на графиках ЭП. Получена новая геологическая информация о характере контакта резанских песчаников (K1h) и биасалинских глин (K1ap) (ПК 0.48) и о строении г. Придорожной (ПК 2.5-2.7).

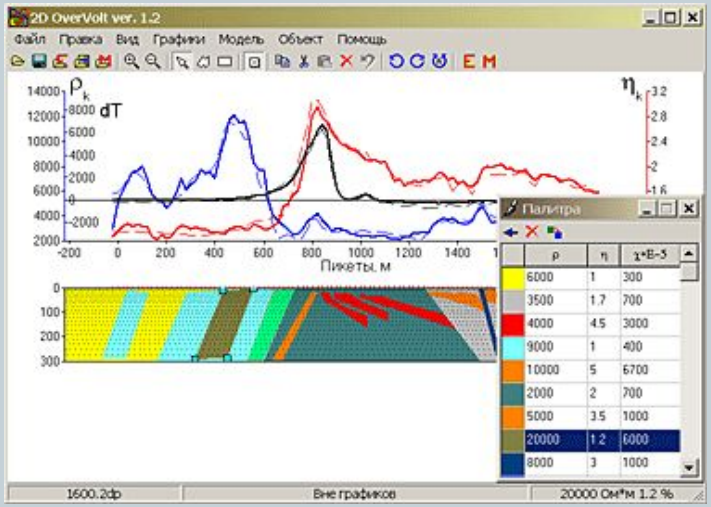
Электропрофилирование методом вызванной поляризации

- При электропрофилировании методом вызванной поляризации (ВП или ЭП-ВП) вдоль профилей наблюдений установками с постоянными разносами наряду с , рассчитывается , где и - разности потенциалов на приемных электродах через 0,5 с после отключения и во время пропускания тока в питающую линию. Работы методом ВП проводятся теми же установками, что и в ЭП.
- В результате ВП строятся графики, карты графиков и карты , на которых выявляются объекты с аномальной поляризуемостью. Метод ВП применяется для поисков и разведки вкрапленных сульфидных руд, графита, графитизированных сланцев, антрацита.

Электропрофилирование методом вызванной поляризации







Метод переменного естественного электромагнитного поля

- В методе ПЕЭП с помощью милливольтметра и двух заземленных на расстоянии 10 - 50 м друг от друга приемных электродов (MN) за период 20 - 30 с измеряется средняя напряженность электрического поля . Она пропорциональна кажущемуся сопротивлению среды на глубине, соответствующей применяемой частоте. Так, для наиболее используемого диапазона частот 10 - 20 Гц глубинность подобного профилирования составляет несколько сот метров. Если провести съемки ПЕЭП по профилям с шагом 10 - 20 м или равномерно по площади (направления MN должны во всех точках быть одинаковыми), то по графикам и картам можно выявить горизонтальные неоднородности по УЭС. Сходным образом с помощью рамочных антенн можно измерять различные составляющие магнитного поля (ПЕМП).
- В результате ПЕЭП или ПЭМП строятся графики и карты графиков . Метод используется при геологическом картировании.

Низкочастотное гармоническое профилирование

- К низкочастотным гармоническим методам (НЧМ) относится большая группа методов электромагнитного (индукционного) профилирования, в которых поле на одной из частот интервала 10 Гц - 10 кГц создается с помощью либо заземленного на концах длинного (до 30 км) кабеля (ДК), либо большой (диаметром до 3 км) незаземленной петли (НП), либо рамочной антенной (диаметром до 1 м) (такой метод называется дипольным индукционным профилированием (ДИП)).

Низкочастотное гармоническое профилирование

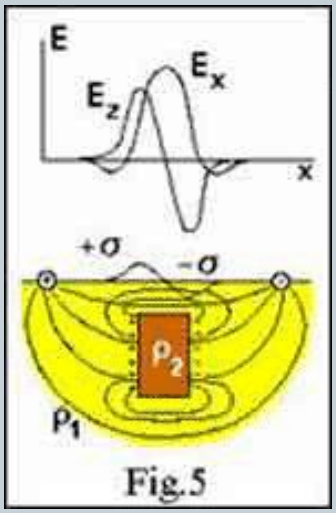


Fig.5

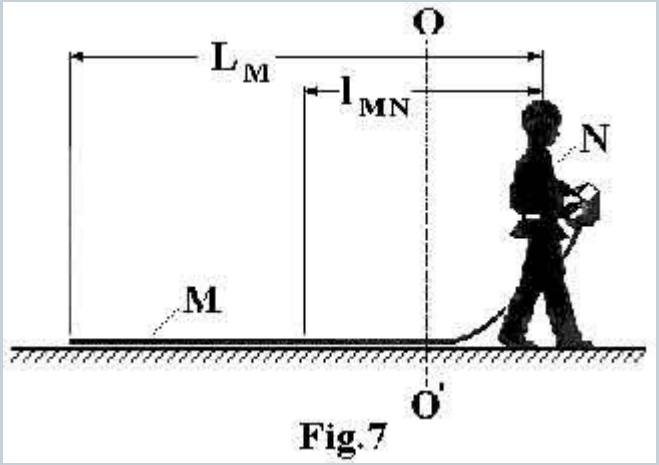


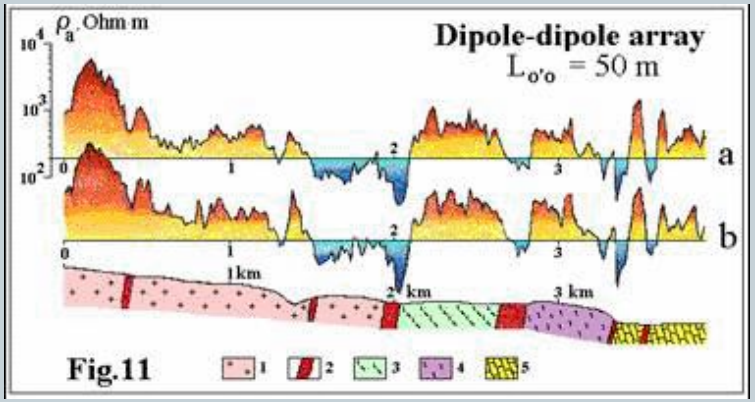
Fig.7

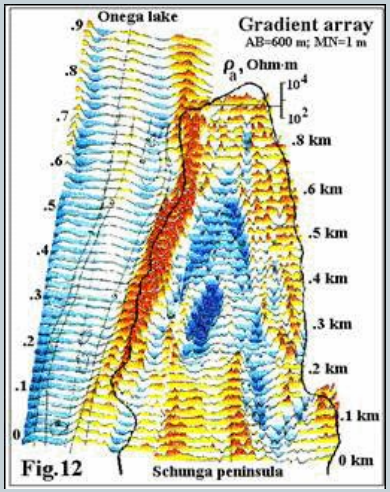
- В геологической среде первичное поле, с одной стороны, искажается неоднородностями, а с другой в проводящих породах, рудах создается вторичное индукционное вихревое поле. Суммарное электромагнитное поле, несущее в себе информацию о геоэлектрических неоднородностях, может изучаться различными приемами. Так, можно измерять амплитудные значения электрических и магнитных компонент с помощью разного рода микровольтметров (МКВЭ), определять элементы эллипса поляризации поля (ЭПП), изучать отношения амплитуд и разности фаз посредством афиметров (АФИ) и т.п.

Низкочастотное гармоническое профилирование

- В результате НЧМ строятся графики, карты графиков и карты наблюденных параметров поля. Глубинность НЧМ тем больше, чем ниже частота используемого поля, выше сопротивление вмещающих пород, больше размеры ДК или НП и расстояния между питающими и приемными рамками в ДИП. В среднем она не превышает первых десятков метров в ДИП и первых сот метров в ДК и НП.

На Fig.11 сопоставлены графики кажущихся сопротивлений заземленной (a) и незаземленной (b) дипольно-осевых установок. Саяны, 1975 г .:
1, 3, 4 – метаморфические породы,
2 – тектонические зоны,
5 – известняки .

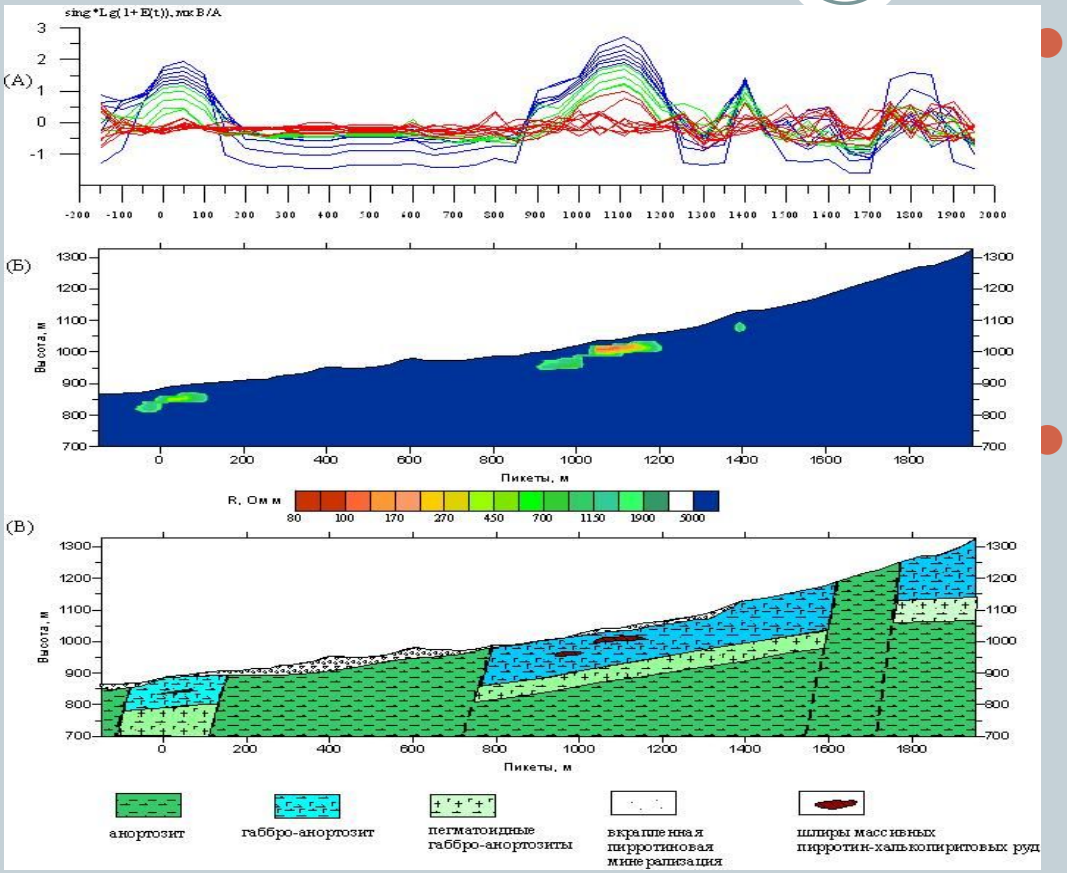




Методы переходных процессов

- Методы переходных процессов (МПП) по физической природе являются индукционными. От НЧМ они отличаются применением не гармонических, а импульсных полей. В качестве генераторных линий используются незаземленные петли (НП-МПП) или рамочные антенны (ДИП-МПП), в которые пускаются кратковременные (длительностью до 50 мс) импульсы постоянного тока. В той же петле или другой петле (или рамке) измеряются переходные процессы, т.е. величины электродвижущей силы на временах t в пределах от 1 до 50 мс после конца каждого импульса.

Методы переходных процессов



- В результате работ МПП строятся графики и карты E(t)/I , где I - амплитуда тока в петле на постоянном t . Это обеспечивает постоянство глубинности во всех точках.
- Аномалиями МПП выявляются хорошо проводящие породы и руды, расположенные на глубинах до 500 м. Метод МПП применяется для поисков и разведки массивных рудных полезных ископаемых.

Результат исследований методом переходных процессов по профилю.
(а) – графики профилирования на различных временных задержках;
(б) – псевдо геоэлектрический разрез;
(в) – геологический разрез.

Методы электромагнитного зондирования

- К электромагнитным зондированиям (ЭМЗ) относится наиболее информативная и трудоемкая группа методов электроразведки. В ЭМЗ используемые поля, аппаратура, методика, включающая способы проведения работ, выбор установок и систем наблюдений, направленных на то, чтобы получить информацию об изменении электромагнитных свойств (чаще это УЭС) с глубиной. С этой целью на каждой точке ЭМЗ, точнее, на изучаемом участке ***за счет геометрии установок или скин-эффекта добиваются постепенного увеличения глубинности разведки.*** В дистанционных (геометрических) зондированиях, проводимых на постоянном или на переменном токе фиксированной частоты или постоянном времени становления поля, постепенно увеличивается расстояние между питающими и приемными линиями. Скин-эффект используется в методах с фиксированным разносом, а увеличение глубинности достигается возрастанием периода гармонических колебаний или времени изучения становления поля (переходного процесса) в среде.

Электрическое зондирование

- Электрическое зондирование - это такая модификация метода сопротивлений на постоянном или низкочастотном (до 20 Гц) токе, при котором в процессе работы расстояние между питающими электродами или между питающими и приемными линиями (разнос) постепенно увеличивается. В результате строятся графики зависимости кажущегося сопротивления (ρ_k) от разноса (АВ), или кривая зондирований, которая характеризует изменение удельных электрических сопротивлений (УЭС) с глубиной.
- Различают две модификации зондирований: вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ), применяемые для разведки небольших глубин (до 500 м), и дипольные электрические зондирования (ДЗ), применяемые для разведки глубин 0,5 - 10 км.

Электрическое зондирование

- Вертикальное электрическое зондирование выполняется симметричной четырехэлектродной или трехэлектродной градиент-установками.
- Если надо изучить большие глубины (свыше 1 км), то при выполнении ВЭЗ разносы АВ приходится увеличивать до 10 км, что делать сложно и неудобно. В этом случае используются дипольные установки (азимутальные, радиальные и др.). При дипольных электрических зондированиях (ДЗ) измеряется кажущееся сопротивление при разных расстояниях или разносах r между центрами питающего и приемного диполей

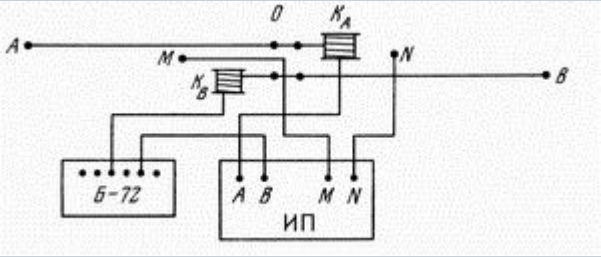


Схема установки ВЭЗ: Ka и Kb - катушки с изолированными проводами, Б - батарея, ИП - измерительный прибор

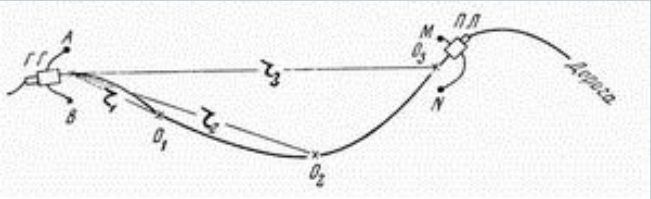
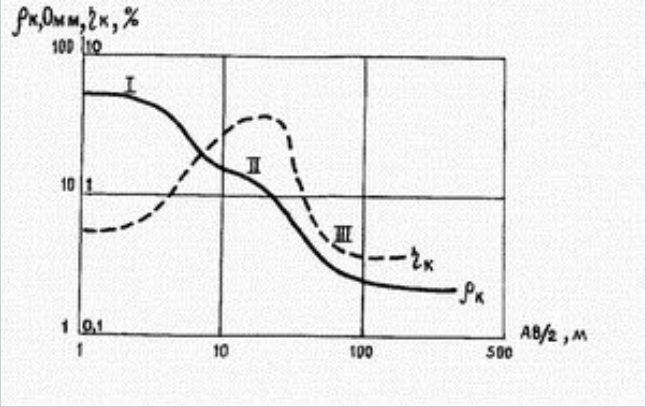
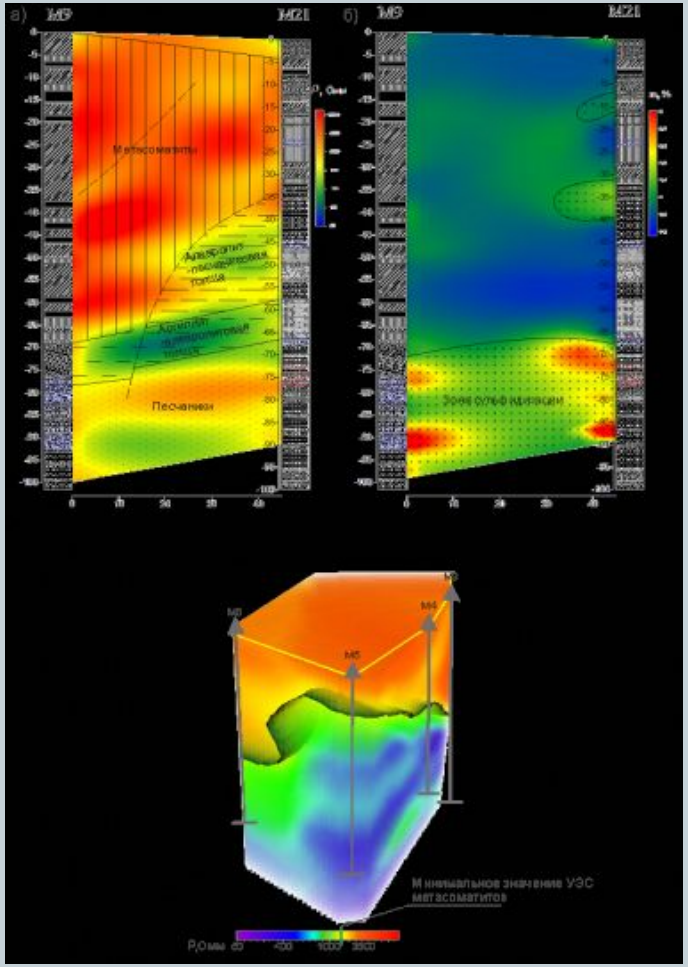


Схема проведения дипольного азимутального зондирования: ГГ - генераторная группа, ПЛ - полевая лаборатория

Электрическое зондирование

- Электрические зондирования широко используются для расчленения геологических разрезов, особенно осадочных, поисков пластовых полезных ископаемых, изучения с разными целями геологической среды.



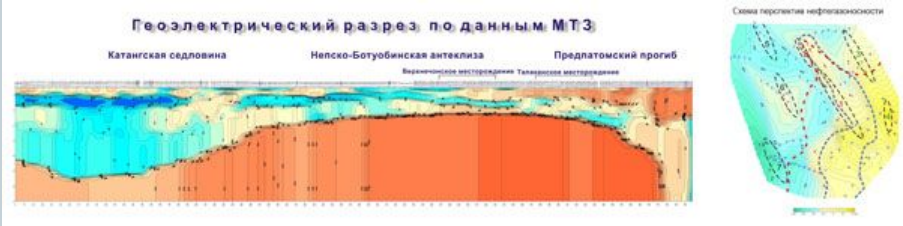


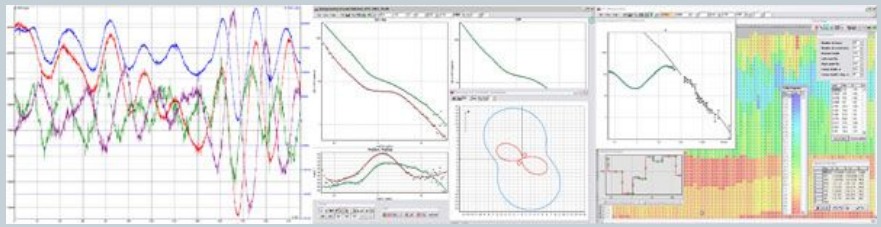
Магнитотеллурические методы

- К магнитотеллурическим методам относится ряд методов электроразведки, основанных на изучении естественных (магнитотеллурических) полей космического происхождения. Основным из них является магнитотеллурическое зондирование (МТЗ).

Магнитотеллурическое зондирование

- Магнитотеллурическое зондирование. Магнитотеллурическое зондирование (МТЗ) и его глубинный вариант (ГМТЗ) основаны на изучении магнитотеллурических полей с меняющимися на два и более порядка периодами колебаний. Как отмечалось ранее, вследствие скин-эффекта глубина проникновения электромагнитного поля в землю тем больше, чем меньше частота или больше период колебаний. Поэтому методика МТЗ сводится к длительным (иногда сутки) регистрациям с помощью измерительной лаборатории ЭРС взаимно перпендикулярных компонент поля различных периодов. При обработке получаемых магнитотеллурограмм выделяются сигналы с периодами, отличающимися менее, чем в два раза, чаще всего в интервале от 1 до 100 с. Далее рассчитываются амплитуды сигналов, а по ним - кажущиеся сопротивления.





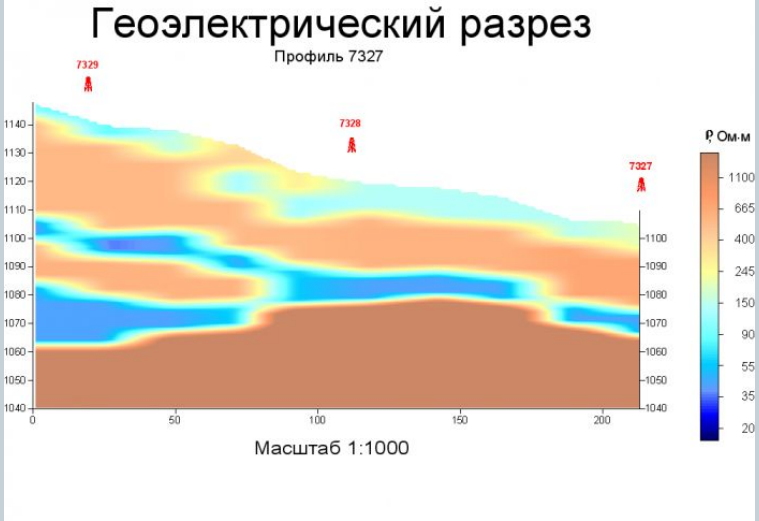
Зондирование методом становления поля

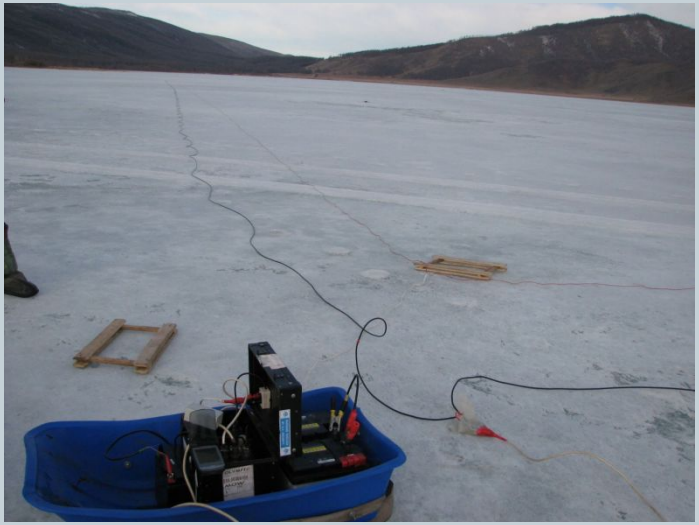
- Зондирование методом становления поля (ЗС) основано на изучении становления (установления) электрической (ЗСЕ) и магнитной (ЗСМ) составляющих электромагнитного поля в массиве горных пород при подаче прямоугольных импульсов постоянного тока в заземленную линию или незаземленную петлю. Длительность и 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.

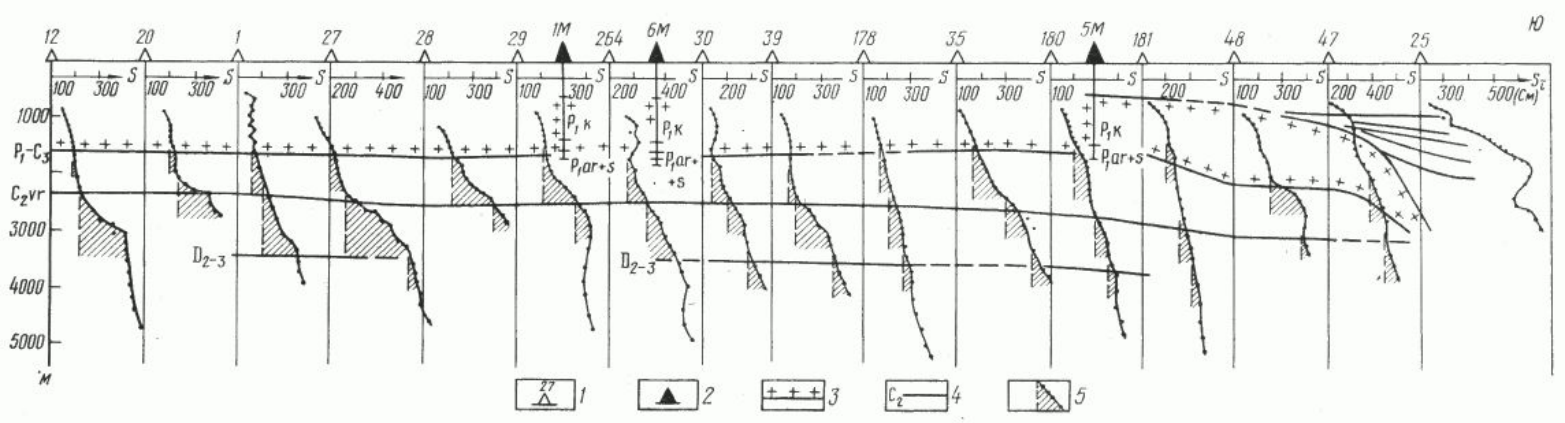
Зондирование методом становления поля

- - Варианты технологии ЗСБ с размерами генераторых петель 0.4 – 1км обеспечивают глубинность исследований до 1 - 3 км, что позволяет решать задачи, связанные региональным изучением территорий или с поиском нефти и газа, например:
  · изучение геологического строения осадочных бассейнов;
  ·прогноз коллекторов, зон разломов;
  ·структурно-картировочные, фациально-картировочные задачи;
  ·исследование фундамента, выявление зон разуплотнения.
  - Более производительные варианты технологии, с размерами генераторных петель 20 - 200 м, обеспечивают глубинность до 50 - 500 м. Решение геокартировочных задач этого интервала глубин позволяет использовать метод в следующих областях:
  ·расчленение разреза и структурное картирование для задач гидрогеологии;
  ·инженерная геология;
  ·картирование разломов;
  ·поиск рудных объектов и кимберлитовых трубок;
  ·экология, картирование зон засолонения, обводнения и т.д.

Зондирование методом становления поля





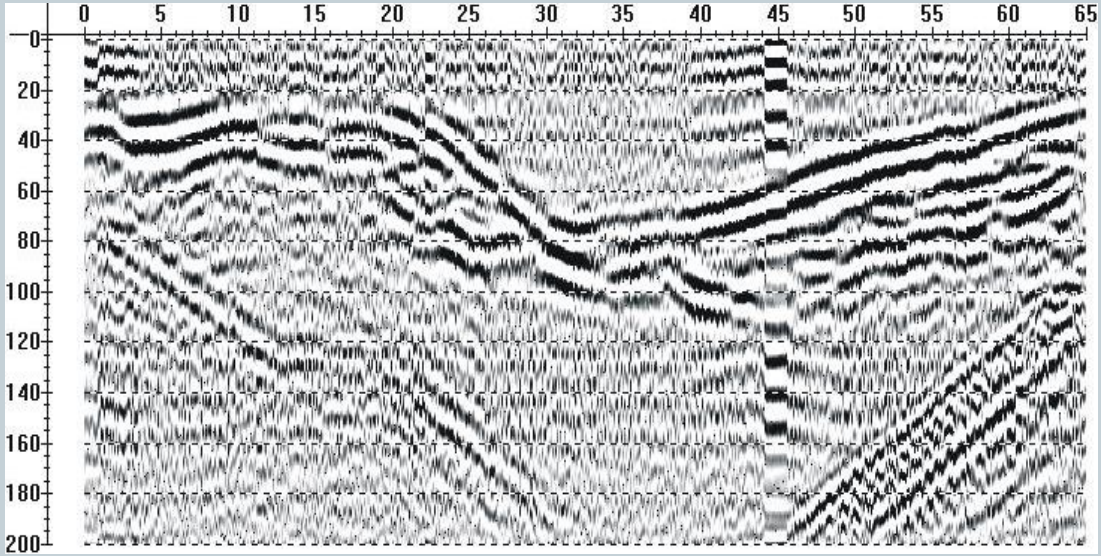


Высокочастотные зондирования

- Особенностью высокочастотных методов зондирований является применение радиоволн частотой свыше 10 кГц. Для таких частот характерно большое затухание (поглощение) радиоволн и высокий скин-эффект. Поэтому эти методы можно применять лишь в условиях высокоомных перекрывающих пород (свыше 1000 Омм), когда глубины разведки превышают несколько десятков метров.

Высокочастотные зондирования

- Радиолокационный метод (РЛМ), называемый также радиолокационным зондированием (РЛЗ), импульсным методом радиолокации (ИМР), подповерхностным зондированием (ППЗ) или георадаром, основан на излучении коротких импульсов (<10 мкс), заполненных высокой частотой (радиоимпульс) или без нее (видеоимпульс). В результате РЛМ определяется время прихода сигналов, отраженных от слоев с разными сопротивлениями и диэлектрической проницаемостью.
- Работы в РЛМ могут проводиться с помощью как передвижных вручную, так и устанавливаемых на машине или самолете радиолокационных установок. Из-за сильного затухания импульсов в перекрывающем слое метод может применяться в условиях очень высоких сопротивлений верхних слоев (мерзлота или лед), где глубинность может составлять десятки метров или первые километры.
- Практическое применение метод нашел при мерзлотно-гляциологических (с глубинностью в десятки метров), а также при инженерно-геологических и экологических исследованиях с глубинностью до 10 м.



Результаты георадиолокационных работ по профилю поперек р. Угры (рай-он д. Александровка, июнь 1998). Георадар "Зонд-10", частота 150 МГц.