

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ

МОСКОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОЛОГО-
РАЗВЕДЧНАЯ АКАДЕМИЯ

КАФЕДРА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ, ГРАВИТАЦИОННЫХ И МАГНИТНЫХ МЕТОДОВ
ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Э Л Е К Т Р О Р А З В Е Д К А

ПРОГРАММА, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ-ЗАОЧНИКОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 08.02
"ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ"

МОСКВА
1994

УДК 550.837

Составители: доц. И.А.Доброхотова, доц. И.В.Ренард
Научный редактор: проф. Д.С.Даев

Программа и методические указания по курсу электроразведки охватывают следующие основные вопросы: теоретические основы электроразведки; способы измерения электромагнитных полей; задачи, методики, способы обработки и интерпретации результатов в различных методах электроразведки.

Приводятся: контрольная работа по курсу, темы лабораторных и курсовой работ, а также требования к ним.

Программа и методические указания предназначены для студентов специальности 08.02 "Геофизические методы поисков и разведки МПИ".

ПРЕДИСЛОВИЕ

Электроразведка объединяет методы разведочной геофизики, изучающие электромагнитные поля различного происхождения с целью поисков полезных ископаемых, исследования строения земной коры, геологического картирования и решения других задач (инженерная геофизика, археология и т. п.).

Электроразведка основана на различии геологических (и др.) образований по электрическим свойствам (и, отчасти, даже по магнитной восприимчивости), проявляющихся в электромагнитном поле различных источников. Наибольший эффект при решении различных геологических задач достигается при комплексном использовании электроразведочных методов в сочетании с различными геологическими, геохимическими и с другими геофизическими методами, с частью из которых (например, с магниторазведкой) у электроразведки много общего в теории и методике работ.

Понять роль и место электроразведки в геологоразведочном процессе, разобраться с особенностями различных методик, с аппаратурой и техникой электроразведочных исследований, познакомиться с теоретическими основами этой отрасли разведочной геофизики должны способствовать данные методические указания для студентов-заочников геофизической специальности.

В соответствии с учебным планом курс "Электроразведка" изучается студентами заочниками на пятом курсе в основном самостоятельно по учебникам [1, 2, 3, 6] и справочникам [4, 5], в которых изложены практически все вопросы программы, но иногда полезно также обратиться дополнительно к отдельным статьям и монографиям, где раскрываются некоторые достаточно важные вопросы электроразведки [7, 8, 9, 10, 11].

Данный курс включает в себя: теоретические основы электроразведки (связанные с теорией поля, физикой [электричество и магнетизм], петрофизикой [электромагнитные свойства горных пород] и физикой Земли [геомагнетизм]); наиболее важные физико-технические аспекты работы и функционирования современной электроразведочной аппаратуры; основные методические вопросы производства электроразведочных работ; существующие способы обработки результатов наблюдений; главные принципы геологической интерпретации материалов электроразведки. Кроме того, много внимания уделяется физической

сущности отдельных методов электроразведки, а также рассматриваются области применения электроразведки и круг решаемых ей геологических задач. Из сказанного видно, что теоретическая часть курса основана на материалах, изучаемых ранее в курсах "Теория полей, применяемых в разведочной геофизике" и "Петрофизика"; аппаратурная - требует знаний, предусмотренных курсом "Радиотехника и электроника", а геологические его основы содержится в предшествующем цикле геологических дисциплин.

Логическим продолжением курса электроразведки, наряду с другими курсами (гравиразведка, магниторазведка и т. д.) является, изучаемые на пятом году обучения, курсы "Теоретические основы обработки геофизической информации" и "Комплексование геофизических методов".

Работа студента-заочника над данным курсом включает следующие виды занятий:

а) самостоятельное изучение курса по учебникам и дополнительным учебным пособиям;

б) слушание обзорных лекций и выполнение лабораторных работ во время сессий;

в) выполнение контрольной работы;

г) курсовое проектирование;

д) сдача зачета.

В ходе самостоятельного изучения отдельных тем и разделов курса студенту рекомендуется осуществлять самоконтроль по вопросам, приведенным в конце тем данной программы. Для проверки правильности выбранного ответа нужно просуммировать условные числа, отмеченные в скобках, для возможных ответов к каждому из вопросов. Если ответы верны, то вычисленная сумма совпадет с контрольной.

Оперативная проверка качества работы студента осуществляется преподавателями по результатам контрольной работы. Студент выполняет тот вариант контрольной работы, который совпадает с последней цифрой в его зачетной книжке. Контрольная работа выполняется в тетради или на отдельных листах бумаги с обязательным оставлением полей для замечаний рецензента. Если присланная контрольная работа выполнена неверно, она высылается студенту с замечаниями для исправления. После внесения исправлений студент вновь отправляет работу на проверку. Зачтенная контрольная работа предъявляется

преподавателю при сдаче зачета. Если работа не зачтена, то студент к сдаче зачета не допускается.

Курсовой проект выполняется преимущественно на основе геолого-геофизических материалов имеющихся в организации, где работает студент-заочник. Во время сессии перед началом четвертого курса студент-заочник должен согласовать тему курсового проекта с преподавателем. Для этого надо привезти с собой на сессию геолого-геофизические материалы, включающие необходимые сведения о геологическом строении предполагаемого объекта исследований, о его удельном сопротивлении, поляризуемости, магнитной проницаемости, о свойствах вмещающих и перекрывающих его пород. Если соответствующих материалов у студента нет, задание ему, как исключение, может быть выдано преподавателем. Курсовой проект оформляется в соответствии с требованиями, указанными ниже в соответствующем разделе данного методического руководства.

Зачет сдается студентами в период сессии. Для подготовки к зачету надо ответить на вопросы, приведенные в данных методических указаниях. Во время сдачи зачета студенту могут быть заданы дополнительные вопросы в рамках программы, выданы для решения некоторые типовые задачи электроразведки.

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Якубовский Ю. В., Ренард И. В. Электроразведка. 3-е изд. М: Недра, 1991.
2. Матвеев Б. К. Электроразведка при поисках месторождений полезных ископаемых. М: Недра, 1990.
3. Хмельвской В. К. Электроразведка. М: Изд МГУ, 1984.
4. Электроразведка : Справочник геофизика. Изд. 2 М: Недра, 1990.

Дополнительная:

5. Справочник оператора-электроразведчика. М: Недра, 1990.
6. Якубовский Ю. В., Ляхов Л. Л. Электроразведка. 5-е изд. М: Недра, 1988.
7. Инструкция по электроразведке. М: Недра, 1986.
8. Альпин Л. М., Дзев Д. С., Каринский А. Д. Теория полей, применяемых в разведочной геофизике. М: Недра 1984.
9. Доброхотова И. А. Учебное пособие "Лабораторный практикум по

электроразведке". Ротапринт. М: МГРИ. 1983.

Ю. Доброхотова И. А. Учебное пособие "Практикум по интерпретации результатов полевых наблюдений в методах электроразведки".

Ротапринт. М: МГРИ. 1985

И. Бобровников Л. З., Кадыров И. Н., Попов В. А. Электроразведочная аппаратура и оборудование. 2-е изд. М: Недра. 1985.

ПРОГРАММА И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Введение

(1, с. 3-9; 2, с. 3-25; 4, с. 3-33)

ПРОГРАММА. Физическая сущность и предмет электроразведки. Геоэлектрический разрез. Прямые и обратные задачи электроразведки. Взаимосвязь ее со смежными геолого-геофизическими дисциплинами. История развития электроразведки. Основные задачи, решаемые электроразведкой на различных этапах проведения геологоразведочных работ.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Физическая сущность электроразведки заключается в изучении зависимости электромагнитного поля естественного или искусственного происхождения от электрических (и отчасти от магнитных) свойств среды, в которой это поле действует. Каждому изучаемому геологическому разрезу соответствует его модель - геоэлектрический разрез, в котором выделяют только основные границы пород различающихся по электромагнитным свойствам (по проводимости, поляризуемости, диэлектрической и магнитной проницаемостям). Геоэлектрический разрез (подобно плотностному - в гравиразведке и магнитному - в магниторазведке) является частным случаем более общей физико-геологической модели (ФГМ) разреза.

Прямая задача электроразведки состоит в нахождении единственно возможного суммарного поля складывающегося из первичного поля известного (не всегда точно) источника поля и вторичного аномального поля от геоэлектрических неоднородностей и от разреза в целом. Измеряемому же (фактическому) полю могут соответствовать множество эквивалентных разрезов и поэтому данная обратная задача

электроразведки. состоящая в нахождении пространственного распределения геоэлектрических неоднородностей. имеет неоднозначное решение. Существенно уменьшать эту неоднозначность при интерпретации можно только путем привлечения дополнительной априорной геолого-геофизической информации, получаемой, в частности, при дополнительных параметрических электроразведочных наблюдениях над известными разрезами у скважин, на обнажениях и т.д. Весьма эффективно при этом также сочетание различных электроразведочных методов, реагирующих преимущественно на отдельные определенные физические свойства пород и форму геосекционных границ, а также обладающих различной глубиной исследований. Этим, а также возможностью проведения электроразведочных наблюдений на земле, в воздухе, на экваторах и под землей, объясняется большое многообразие методов электроразведки (множество модификаций 12 методов и групп методов со своей физико-математической, аппаратно-методической и интерпретационной основами в наземном, морском, скважинном и шахтном вариантах).

Первые электроразведочные опыты по методу естественного электрического поля (ЕП) были проведены в 1829 году на медно-колчеданных месторождениях в Англии Р.В. Фоксом. Для поисков таких же месторождений в США этот метод был применен в 1882 году К. Барусом. Первый фундаментальный труд по электроразведке был опубликован в 1903 году в России Е.И. Рагозиным. Огромен вклад в данную область французского исследователя К. Шлимберже, разработавшего к 1910 году широко используемый эффективный метод сопротивлений. В России успешное развитие электроразведки в XX веке обязано таким ученым как А.А. Петровский, А.И. Заборовский, Л.М. Альпин, В.Р. Бурсиан, А.П. Краев, А.С. Семенов, А.Н. Тихонов, А.Г. Терхов, Л.Л. Ваньян, М.Н. Бердичевский, Д.В. Якубовский и многие другие.

Круг задач, охватываемых электроразведкой включает глобальное изучение Земли как планеты, решение региональных и структурных геологических задач, поиск всех видов полезных ископаемых, решение задач гидрогеологии и инженерной геологии, а также ряда технических и экологических задач.

Тема I. ПОЛЯ ПОСТОЯННЫХ ТОЧЕЧНЫХ И ДИПОЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПОЛЯ
(I. с.10-39; 2, с.28-39. 167-204; 4. с.34-74)

ПРОГРАММА. Поля точечных и дипольных источников электромагнитного поля в однородных средах, на поверхности слоистого разреза, в анизотропных средах, в присутствии вертикальных контактов и локальных тел. Поля заряженных тел. Магнитные поля точечных источников в неоднородных средах.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Поле заземлений питаемых постоянным током, помимо силы этого тока зависит от размеров электродов, их расположения и, самое главное, от строения геоэлектрического разреза. Для выявления последнего наблюдаемые поля необходимо сравнивать с нормальными полями, рассчитанными для однородного проводящего полупространства (или для пространства в случае анализа шахтно-скважинных вариантов установок). Электрод называют точечным, если его поле изучают на удалении в 10-20 раз большем его размеров. Нормальное поле точечного (или сферического) электрода на полупространстве может быть найдено в сферических координатах методом зеркальных отображений дополнением среды до полного пространства из уравнения Лапласа с использованием закона Ома. Из получаемого при этом решения следует, что с увеличением расстояния между источником поля и точкой наблюдения относительная плотность тока на заданной глубине возрастает и соответственно растет влияние на наблюдаемое поле проводимости глубоко залегающих пород разреза. Полученные решения можно суммировать для нахождения суммарных нормальных полей комбинации двух и более источников поля.

Поле диполя (двух сближенных разнополярных точечных источников поля) находится путем умножения производной потенциала точечного источника на длину диполя. Это поле характеризуется более быстрым убыванием при удалении от диполя по сравнению с точечным источником ($1/r^3$ вместо $1/r^2$). В анизотропных средах из подобных решений следует, что должно наблюдаться искажение формы эквипотенциальных, силовых и токовых линий пропорциональное коэффициенту анизотропии.

Анализируя выражения для магнитной компоненты поля точечного источника в однородной среде, можно заключить, что нормальное магнитное поле этого и более сложных источников создается только

подводящими проводами, а на поверхности полупространства силовые линии магнитного поля собственно точечного источника горизонтальны и представляют собой концентрические окружности.

На горизонтально слоистом разрезе поле источников находится при решении уравнения Лапласа для потенциала методом разделения переменных, при котором это уравнение распадается на два, которые в свою очередь решаются с использованием цилиндрических специальных функций Бесселя и граничных условий. При этом получаются выражения для U и E содержащие пространственную частоту $R(m)$, которую можно представить через бесконечную сумму коэффициентов эмиссии электродов и коэффициентов их удаления.

При наличии одного вертикального контакта электрическое поле электрода находится способом зеркального отображения, а при двух — также, как для горизонтально слоистого разреза. Подобным же образом решается задача и для случая проводящего шара, расположенного в поле точечного электрода. Получаемое при этом выражение для аномального поля шара в первом приближении совпадает с таковым для электрического диполя, расположенным в центре шара.

Расчеты полей локальных заряженных тел целесообразно выполнять для случаев простой и правильной их формы, высокой их контрастности по проводимости по отношению к вмещающим породам и при практически полном отсутствии падения напряжения в этих телах. Нахождение полей двумерных тел сложной формы возможно путем решения на ЭВМ систем линейных уравнений для потенциалов элементарных площадок в контуре тела.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Как будет изменяться относительная плотность тока в разрезе на некоторой глубине (т.е. глубинность исследований) при увеличении расстояния (разноса) между питающим и приемным электродами?

а) Убывает (I_2); б) Не изменяется (I_3); в) Возрастает (I_4).

2. Из каких полей складывается магнитное поле точечного источника расположенного на поверхности полупространства?

а) Из поля подводящих проводов (5); б) Из поля подводящих проводов и поля объемных токов электрода (8); в) Из поля подводящих проводов, поля объемных токов электрода и поля электрических

зарядов (II).

3. Чем создается электрическое поле в разрезе?

а) За счет зарядов накапливающихся на границе электрод-почва (16); б) Током протекающим в объеме разреза (25); в) Благодаря электродвижущей силы генератора (34).

Контрольная сумма при правильных ответах - 38

Тема 2. ПОЛЯ ПОВЕРХНОСТНО И ОБЪЕМНО ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ТЕЛ

(I, с.40-50; 2, с.39-44. 204-212; 4, с.69-119)

ПРОГРАММА Поля поверхностно и объемно поляризованных тел. Объемно поляризованные слоистые среды.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Естественное электрическое поле тел простой формы (шар, цилиндр) определяется путем решений уравнений Лапласа ($\Delta u=0$) для их потенциалов u с учетом граничных условий. Для тел другой формы или для совокупности нескольких тел при решении прямой задачи приходится прибегать к физическому моделированию. Влияние на это поле зон высоких сопротивлений (верхнее полупространство, высокоомные наносы, вертикальный контакт и т.п.) проявляется в увеличении амплитуды потенциала. Например, на земной поверхности потенциал естественного поля удваивается. В областях пониженных сопротивлений наблюдается обратная картина.

Для фильтрующих слоистых разрезов естественное электрическое поле находится с использованием I-го закона Киргофа в виде зависимости этого поля от соотношения продольных проводимостей пластов.

Что касается тел, обладающих поверхностной (λ) и объемной (η) поляризуемостями, то под действием внешнего искусственного электрического поля они становятся источниками вторичных полей, изучаемых в методе вызванной поляризации (ВП). Задача о потенциале суммарного поля в случае только поверхностной поляризации шара ($\lambda > 0, \eta = 0$) решается также, как для естественно поляризованного шара. Поле ВП объемно поляризованного шара ($\lambda = 0, \eta > 0$) находится путем замены в результатах решения задачи о шаре в поле точечного источника удельных сопротивлений (ρ) среды и шара на их эффективные значения $\rho^* = \rho / (1 - \eta)$. Анализ получаемых при этом выражений свидетельствует, что для тел большого размера превалирует влия-

ние η над λ , а для малого - наоборот.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Как будут соотноситься между собой графики потенциала естественно поляризованного тела при наблюдениях на земной поверхности над рудным телом и по штольне проходящей под рудным телом?

а) Будут зеркальным отражением друг-друга (16); б) Будут идентичны (17); в) В штольне не будет естественного поля (18).

2. Как будут сказываться на естественном поле и поле ВП проводящие наносы или близость контакта с низкоомными породами ?

а) Поле увеличится (4); б) Поле уменьшится (7); в) Поле останется без изменения (10).

3. Какое поле создаст во внешней среде локальный проводник, если во всех точках его поверхности потенциал образующие факторы одинаковы ?

а) Положительное (8); б) Отрицательное (17); в) Никакое (26).

Контрольная сумма при правильных ответах - 49.

Тема 3. НОРМАЛЬНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ

(1, с.51-78; 2, с.44-72. 214-228. 241-250. 261-267;

4, с.200-236. 260-282. 311-323)

ПРОГРАММА. Плоская электромагнитная волна и гармонически меняющиеся диполи в однородном пространстве и на поверхности полупространства. Нестационарные поля диполей. Нормальные поля длинного кабеля и петли, обтекаемых гармонически меняющимся или ступенчато меняющимся током.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Знание закономерностей возникновения, распространения и поглощения переменного электромагнитного поля в пространстве и в полупространстве необходимо при выделении из суммарного поля аномальной его части, вызванной геоэлектрическими неоднородностями.

Поле гармонических диполей в земле характеризуется частотой, амплитудой, фазой, действительной и мнимой своими частями. Наряду с гальваническими токами от заземлений, это поле проявляется в виде

индуцированных вторичных токов и магнитных зарядов. В ближней от источника поля зоне преобладают гальванические токи. В дальней его зоне, куда энергия поступает подобно распространяющимся радиоволнам, доминируют индуцированные токи и заряды. В этой зоне у земной поверхности сферические электромагнитные волны уподобляются плоским волнам, преломляющимся в Землю практически вертикально. Важнейшими характеристиками этих волн являются: длина, скорость, коэффициент поглощения, скин-слой, эллипс поляризации, импеданс.

Выражения для нормальных полей различных источников находятся через вектор-потенциал A , путем решения уравнения Гельмгольца для A методом разделения переменных с учетом граничных условий. Эти выражения значительно упрощаются в дальней и ближней зонах источников поля и могут быть использованы в практике электроразведочных наблюдений. Горизонтальная микроанизотропия сопротивления ρ полупространства сказывается только на косинусной электрической составляющей поля электрического диполя.

Поля сложных источников поля (кабель, петля) рассчитываются путем интегрирования полей электрических диполей, расположенных по всей их длине.

Для неустановившихся (импульсных) источников характерно вихревое поле. На ранней стадии процесса (когда в частотном спектре импульса доминируют высокочастотные гармоники) вихревые токи, сконцентрированные у поверхности земли (скин-эффект), экранируют более глубокие горизонты. На поздней стадии - эти поверхностные токи из-за тепловых потерь затухают, но в результате взаимодействия магнитных полей токов они распространяются до глубоких горизонтов, что фиксируется на поверхности по изменению соотношения компонент поля. Для этих полей также можно говорить о наличии гальванической и индуцированных частей, о ближней и дальней зонах.

Компоненты неустановившегося поля наиболее просто находятся с помощью обратного преобразования Фурье, примененного к соответствующим выражениям для гармонического поля.

Между электромагнитными явлениями во временной и частотной областях существует связь, согласно которой нестационарное поле в момент времени t взаимодействует со средой также, как гармоническое поле с круговой частотой $\omega = 2\pi f = \pi/4t \approx \pi/t$. Наблюдающаяся аналогия гармонических и неустановившихся полей отражает их почти полную фи-

зическую адекватность при изучении геоэлектрических разрезов. Однако, с технической точки зрения, создание и измерение этих двух основных типов полей не равноценно. Каждому из них присущи свои достоинства и недостатки.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какими факторами определяется толщина скин-слоя ?

а) Проводимостью пород разреза (10); б) Проводимостью пород разреза и частотой поля (19); в) Проводимостью пород разреза, частотой поля и направлением его распространения (28).

2. При каких условиях круглую петлю с переменным током можно аппроксимировать вертикальным магнитным диполем ?

а) Во всех случаях (13); б) При частоте поля ниже собственной резонансной (14); в) При удалении от петли на расстояние больше, чем 10 диаметров петли (15).

3. Как находят взаимосвязь частот в гармонических и времен в нестационарных полях для одних и тех же геоэлектрических разрезов?

а) По величине фазового сдвига сигнала (6); б) По толщине скин-слоя (9); в) По времени запаздывания сигнала (12).

Контрольная сумма при правильных ответах - 43

Тема 4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В НЕОДНОРОДНЫХ СРЕДАХ

(I, с. 79-98; 2, с. 44-72, 228-233

4, с. 200-236, 260-282, 311-323, 353-390)

ПРОГРАММА. Плоская электромагнитная волна в слоистой среде. Поля диполей, длинного кабеля и петли, обтекаемых гармонически меняющимся или ступенчато меняющимся током на поверхности слоистой среды.

Локальные проводящие и магнитные объекты в однородном гармонически меняющемся электромагнитном поле и в поле магнитного диполя. Влияние проводящей среды. Переходные процессы в первично-однородном ступенчато меняющемся магнитном поле.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Для плоской волны распространяющейся в горизонтально-слоистом разрезе из волнового уравнения для E_{mx} находится импеданс $Z = E_{mx} / H_{my}$ в любом слое, включая земную поверхность.

Поле горизонтального гармонического электрического диполя на n -слоистом разрезе рассчитывается в основном также, как и для

полупространства, но при этом для нахождения A в каждом слое приходится решать систему не из 4-х, а из $4(n-1)$ уравнений, составленных на основе граничных условий. При импульсном токе в таком диполе его поле определяется с помощью обратного преобразования Фурье. Так же обстоит дело и с прямой задачей о поле вертикального магнитного диполя, но здесь более рационально использовать готовое решение для электрического диполя на основе связи векторов-потенциалов магнитного и электрического типов $A_z^* = A_x$.

Для источников поля конечных размеров (например, таких как петля) поле на слоистом разрезе находится путем интегрирования по заданному контуру полей составляющих их элементарных электрических диполей.

Аномальные поля локальных магнитных, проводящих объектов вшпроксимируемых шаром или цилиндром, помещенных в однородное переменное поле совпадают с полями точечного или линейного диполей на их оси и с моментами направленными против первичного возбуждающего поля. Вследствии скин-эффекта знак, амплитуда и фаза этих полей определяются частотой поля, а также размерами и электромагнитными свойствами этих объектов. Во временной области соответствующие поля находят с помощью применения обратного преобразования Фурье к выражениям полученным для частотной области, а так же путем независимых решений уравнений теплопроводности для A . Для локальных тел различной формы имеет место сложность их частотных и переходных характеристик, что позволяет ввести понятие об обобщенных характеристиках.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. На каких временах (частотах) поля преобладает влияние верхних слоев разреза ?

а) На ранних временах и соответствующим им низким частотам преобладает влияние верхней части разреза (16); б) На ранних временах и соответствующим им высоким частотам преобладает влияние верхней части разреза (19); в) На поздних временах и соответствующим им низким частотам преобладает влияние верхней части разреза (22).

2. Какими путями можно найти выражение для векторного потенциала A^* вертикального магнитного диполя на слоистом разрезе?

а) С помощью вектра Умова-Пойтинга (8); б) С помощью начальных ус-

ловий (9); в) Путем замены A_x на A_z^* в выражении для электрического диполя (10).

3. Почему на высоких частотах частотные характеристики проводящего магнитного и немагнитного локального объектов совпадают?

- а) Из-за скин-эффекта вихревых токов объект экранируется и не намагничивается (12); б) Это вызвано частотной дисперсией μ (21); в) Это вызвано частотной дисперсией ϵ (30).

Контрольная сумма при правильных ответах - 41.

Тема 5. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНОМ
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ КАНАЛЕ

(1. с. 99-III; 2. с. 74-100)

ПРОГРАММА. Структурная схема информационно-измерительного канала. Способы возбуждения и измерения электромагнитных полей, применяемых в электроразведке.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Структурная схема информационно-измерительного канала включает возбуждающее устройство, геоэлектрический разрез, измерительное устройство. Она позволяет в наиболее общем виде представить характер преобразований электрических сигналов в отдельных блоках электроразведочной аппаратуры. Эта общность позволяет упростить анализ работы конкретных схем приборов различного типа.

При использовании источников поля, в которых поле создается гальваническим, индуктивным, емкостным или смешанным способом зачастую приходится сталкиваться с такими техническими трудностями, как устройство заземлений, раскладке генераторных контуров, большие энергозатраты, поэтому иногда целесообразно использовать естественные электромагнитные поля.

В настоящее время электрические компоненты поля наиболее просто могут быть измерены заземленными приемными линиями, а магнитные - магнитоиндукционными датчиками.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Всегда ли электроразведочный канал должен содержать возбуждающее генераторное устройство ?

а) Всегда (2); б) Можно использовать и естественные электромагнитные поля (3); в) Это зависит от широты района работ (4).

2. Зачем в магнито-индукционном датчике применяется ферромагнитный сердечник?

а) Для повышения чувствительности (19); б) Для повышения добротности (22); в) Для улучшения частотной характеристики (25).

3. Можно ли возбудить в земле переменное электромагнитное поле чисто гальваническим способом ?

а) Да, с помощью электродов (14); б) Нет, т.к. будет и индуктивное возбуждение от подводящих проводов (5); в) Это зависит от глубины забивания электродов (23).

Контрольная сумма при правильных ответах - 33.

Тема 6. ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНАЯ АППАРАТУРА

(1. с. 112-135; 2. с. 74-100; 4. с. 75-94, 237-260)

ПРОГРАММА. Аппаратура для работы: с постоянными полями; с низкочастотными и медленно меняющимися полями; с высокочастотными полями.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Основным способом измерения постоянных электрических полей является автокомпенсационный, обеспечивающий высокое входное сопротивление и поэтому свободный от влияния непостоянства сопротивления заземления приемных электродов. Лишенный этих достоинств, но зато высокочувствительный осцилографический способ регистрации постоянных электрических полей требует периодических градуировок измерительного канала.

При измерении переменных гармонических электромагнитных полей измерительные устройства делают, как правило, многочастотными и многоканальными с высоким входным сопротивлением и с частотной фильтрацией принимаемых сигналов радиотехническими или вычислительными средствами. В этой аппаратуре широко применяется цифровая регистрация и микропроцессорная техника.

Измерения нестационарных полей наиболее сложно в техническом отношении, однако, использование принципов накопления полезного сигнала, активное подавление помех с использованием микропроцессоров, цифровых фильтров и регистраторов - позволяет создавать аппаратуру с большими поисковыми возможностями.

Для питания аппаратуры можно использовать практически любые

источники электроэнергии. Приемные и питающие линии лучше изготовлять из специальных проводов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Почему при низком входном сопротивлении измерительного устройства его показания зависят от глубины забивания приемных электродов?

а) Из-за падения напряжения на сопротивлении заземления приемных электродов (5); б) Из-за увеличения влажности грунта с глубиной (8); в) Из-за возрастания влияния помех (11).

2. Какие преимущества и какие недостатки имеют место при использовании низкочастотной аппаратуры, вместо автокомпесаторов в методах сопротивления?

а) Они равноценны и нет особых ни преимуществ, ни недостатков (4); б) Исключается влияние взаимоддукций линий, но появляется влияние поляризации приемных электродов (22); в) Появляется влияние взаимоддукций линий, но исключается влияние поляризации приемных электродов (13).

3. Зачем нужна цифровая регистрация электроразведочных сигналов?

а) Для удобства записи отсчетов в журнал наблюдений (23); б) Для последующей оперативной обработки результатов наблюдений на ЭВМ (24); в) Для снижения влияния полей-помех (25).

Контрольная сумма при правильных ответах - 42.

Тема 7. ГРУППА МЕТОДОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ

(1. с. 136-228; 2. с. 103-110. 124-128. 154-156. 280-339;

4. с. 95-199)

ПРОГРАММА. Сущность методов сопротивлений. Установки для измерений кажущегося сопротивления. Вертикальные электрические зондирования. Электрическое профилирование. Метод заряда.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Результаты измерений в приемной (ΔU) и питающей (I) линиях с двухточечной (потенциальной), трехточечной, четырехточечной (в том числе с симметричными Шлэмберге и Веннера) и дипольными установками принято выражать в наиболее удобной форме -

в виде кажущегося (удельного) сопротивления $\rho_k = K\Delta U/I$. Для любой установки выполняется принцип взаимности ($\rho_k^{AMNB} = \rho_k^{MABN}$).

Электрические зондирования (ЭЗ) основаны на относительном увеличении роли глубинных зарядов индуцированных на поверхностях раздела электропроводных сред по мере удаления MN от питающих заземлений, что позволяет говорить об увеличении глубинности исследований с ростом разноса установки (AB, AO и т.д.). Кривые ЭЗ (графики зависимости ρ_k от AB, AO и т.д.) для горизонтально слоистых и слабонаклонных ($<10^\circ$) границ интерпретируются количественно по палеткам, характерным точкам и по специальным программам на ЭВМ. В остальных случаях преобладает качественная интерпретация разрезов и карт изоом, продольной проводимости и т.п. Для уменьшения неоднозначности решения обратной задачи при количественной интерпретации с учетом действия принципа эквивалентности разрезов по $S=h_i/\rho_i$ и $T=h_i\rho_i$, информацию о сопротивлениях пород разреза приходится брать из электрокаротажа или из результатов параметрических ЭЗ у скважин.

При электропрофилировании (ЭП) глубинность не меняется, а характер изменения сопротивления горных пород на некоторой предельной глубине оценивают по ρ_k полученному при перемещении всей установки вдоль профиля наблюдений. Размеры установок (разносы) выбирают по результатам полевых или расчетных кривых ЭЗ. По характеру изменения графиков ρ_k в ЭП удается выявлять положение контактов пород различного сопротивления. При сложных условиях заземления эффективными оказываются бесконтактные измерения электрического поля (БИЭП) на переменном токе. При ЭП над крутопадающими анизотропными пачками пластов зачастую приходится сталкиваться с "парадоксом анизотропии", при котором ρ_k изменяется противоположно ρ при повороте установки в плане.

Если в качестве питающего электрода использовать геологический объект высокой проводимости, то создаваемое при этом электрическое поле несет информацию о форме этого объекта в пространстве. На этом базируется метод заряда, позволяющий определять характер залегания как рудных тел, так и солевых ореолов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие факторы влияют на измеренное значение ρ_k ?

а) ρ_i пород разреза (I3); б) ρ_i пород разреза и разнос установки (I4); в) ρ_i пород разреза, разнос установки, напряжение ΔU и ток I (I5);

2. Зачем при ЭЗ кроме увеличения разноса питающих электродов увеличивают и разнос приемных электродов ?

а) Для улучшения соотношения сигнал/помеха (6); б) Для еще большего увеличения глубинности исследования (9); в) Для контроля за утечками в установке (I2).

3. Что измеряется в методе заряда ?

а) Ток в питающей линии (7); б) Ток в приемной линии (I6); в) Ток в питающей линии и напряжение в приемной линии (25).

Контрольная сумма при правильных ответах - 45.

Тема 8. ГРУППА МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

(I. с. 229-263; 2. с. I29-I34, I57-I60; 4. с. 9I-98, I20-I67)

ПРОГРАММА. Физическая сущность, методика полевых работ, обработка и интерпретация результатов наблюдений методов: естественного электрического поля (ЭЭП), вызванной поляризации (ВП), контактного способа поляризационных кривых (КСПК).

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Относительно невысокая глубинность метода ЭЭП в рудных районах объясняется сильной зависимостью аномалий от положения уровня грунтовых вод, гидрохимической обстановки, минерального состава руд. В тоже время этот метод весьма эффективен в гидрогеологии и инженерной геологии при изучении процессов фильтрации водных растворов.

Метод ВП на сегодняшний день является одним из наиболее глубинных в рудной геофизике. Это связано с тем, что при пропускании через разрез поляризующего тока в породах существенно активизируются электрохимические процессы в капиллярах и на зернах минералов. Эти эффекты ВП проявляются, как при включении, так и при выключении питающего тока зарядки, но в последнем случае наблюдение и регистрация чисто вторичного затухающего вызванного поля оказывается гораздо выиграннее. Наряду с электрическими полями связанными с токами ВП, могут регистрироваться и их магнитные поля, но последнее пока делается редко из-за технических сложностей. Также

касается и безконтактного индуктивного возбуждения поляризующих токов. Каждому из двух возможных режимов работы в методе ВП (на импульсном постоянном или на гармоническом переменном токе) присущи свои достоинства и недостатки. Использование гармонических полей предпочтительней в техническом отношении (сравнительно простая аппаратура с хорошей помехозащищенностью, простота обработки и т. п.), однако, нестационарные поля зачастую оказываются более информативны (например, методики НВП, РСВП и т. д.). Имеющийся аппарат истолковывания данных ВП позволяет говорить в основном о качественной и полуквантитативной интерпретации.

Поляризационные кривые (зависимость потенциала рудного тела от тока через него), изучаемые в методах КСПК и БСПК, свидетельствуют о возможности достижения насыщения до предела электрохимических реакций на границе рудного тела с омывающими его растворами и определениями на этой основе видов минералов и их запасов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какими факторами определяется глубина исследований в методе ЕЭП ?

а) Силой тока в питающей линии (4); б) Природными факторами (у. г. в., рН, Е_н, минеральный состав и т. п.) (7); в) Разносом питающих электродов (10).

2. Какая методика ВП в благоприятных условиях эффективнее ?

а) На постоянном токе при измерении электрического поля при гальваническом возбуждении поляризующего тока (21); б) На переменном токе при измерении магнитного поля при индуктивном возбуждении поляризующего тока (22); в) На постоянном токе при измерении магнитного поля при индуктивном возбуждении поляризующего тока (23);

3. Можно ли поляризационную кривую КСПК и БСПК назвать вольт-амперной характеристикой геовольтамперного разреза ?

а) Нет, нельзя (2); б) Это зависит от времени наблюдений (11); в) Да, можно (20).

Контрольная сумма при правильных ответах - 48.

Тема 9. МЕТОДЫ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

(1. с. 264-280; 2. с. 121-123; 4. с. 282-310)

ПРОГРАММА. Общие сведения о магнитотеллурическом поле. Магнитотеллурическое зондирование (МТЗ). Магнитотеллурическое профилирование (МТП). Метод теллурических токов (ТТ). Магнитотеллурический комплекс.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Магнитотеллурические методы базируются на том, что глубина проникновения плоских электромагнитных волн обратно пропорциональна их частоте. Происхождение магнитотеллурических полей то же, что и геомагнитных вариаций внешнего происхождения (КПК, "бухты" и др.). По измеренной величине входного импеданса плоской волны $Z = E_x / H_y$ удается изучать горизонтально слоистые разрезы с помощью магнитотеллурических методов. Результаты наблюдений при этом выражают через эффективный параметр $\rho_T = 2T |Z^2|$, который аналогичен ρ_k в ЭЗ. По сравнению с ЭЗ, магнитотеллурические зондирования (МТЗ) существенно более глубинны и, кроме того, они способны изучать разрезы с высокоомными экранами. Общность МТЗ и ЭЗ заключается в сохранении действия принципа эквивалентности разрезов по $S = h_1 / \rho_1$ при интерпретации кривых МТЗ.

При упрощении технологии МТЗ появляются такие разновидности методики работ, как:

- 1) магнитотеллурическое профилирование (МТП), в котором ограничивает диапазон регистрируемых частот до оптимального (по глубинности исследований);
- 2) метод теллурических токов (ТТ), в котором ограничиваются синхронной регистрацией на полевой и базовой точках только электрических компонент поля;
- 3) магнитовариационное профилирование (МВП), в котором аналогично регистрируют только магнитные компоненты поля.

Приемы интерпретации во всех этих методах во многом схожи с таковыми, используемыми в методах сопротивлений.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Почему глубинность МТЗ возрастает с уменьшением частоты поля ?

а) Из-за уменьшения коэффициента поглощения (II); б) Благодаря уменьшению фазового сдвига (20); в) В связи с ростом импеданса Z (29).

2. Каковы достоинства МТЭ по сравнению с ЭЭ ?

а) Существенно более высокая производительность наблюдений (I8); б) Возможность изучения ρ пород, залегающих под экранами высокоомных пород (2I); в) На результаты не влияет эквивалентность разрезов по $S=h_i/\rho_i$ (24).

3. Какие разрезы эффективно изучают с помощью МТЭ ?

а) Горизонтально слоистые (I2); б) Вертикально слоистые (I3); в) Однородные по электрическим свойствам (I4).

Контрольная сумма при правильных ответах - 44.

Тема 10. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ЗОНДИРОВАНИЯ

(I. с. 281-296; 2. с. 113-120. 340-356; 4. с. 323-351)

ПРОГРАММА. Общие принципы электромагнитных зондирований. Дистанционные зондирования (ДЭГЭМП). Частотные зондирования (ЧЗ). Зондирования нестационарными полями в ближней (ЗСБ) и дальней (ЗС) зонах.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Главными чертами электромагнитных зондирований является: использование скин-эффекта (во временной или частотной областях); применение дипольных источников и приемников поля (как магнитных, так и электрических); представление результатов наблюдений в виде зависимости эффективных параметров среды (ρ_ω или ρ_T) от достигаемой глубинности исследования; возможность изучения разрезов с высокоомными экранами.

Выполняемые в ближней зоне магнитного гармонического диполя дистанционные электромагнитные зондирования по своей сути близки к ВЭЗ и ДЭЗ, но в отличие от них появляются возможности: бесконтактных измерений; зондирования сквозь непроводящие экраны; определения ρ_ω без измерения силы тока в генераторном магнитном диполе (по величине отношений компонент поля $|H_z/H_r|$, $|Z|=|E_\phi|/|H_r|$, b/a в точке наблюдений).

Поисковые возможности ЧЗ и ЗС (методов, работающих в дальней

зоне источников соответственно гармонического и нестационарного поля) приблизительно одинаковы. Однако ЧЗ более помехоустойчив, а ЗС зачастую более глубинен (особенно при использовании мощных и сверхмощных генераторных устройств - например, МГД-генератора).

Очень удобным (благодаря своей технологичности, избирательности и наглядности получаемых результатов) для геоэлектроразведки на средних глубинах (1-3 км) оказался ЗСБ, работающий в ближней зоне источника поля - нестационарного магнитного диполя.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие методы относятся к электромагнитным зондированиям ?

а) ДЗГЭМП, ЧЗ, ЗС, ЗСБ (11); б) ВЭЗ, ЗС, МТЗ (14); в) ЧЗ, ДЭЗ, ЭЭП, ВП (17).

2. Чем вызвано многообразие существующих методов электромагнитных зондирований ?

а) Различием типов аппаратуры (9); б) Особенности и многообразием геоэлектрических разрезов (18); в) Различными подходами в вопросах интерпретации результатов (27).

3. Какие ограничения накладываются на геоэлектрический разрез при интерпретации данных электромагнитных зондирований ?

а) Разрез должен быть близок к горизонтально слоистому, а слагающие его породы должны различаться по сопротивлению (21); б) Разрез не должен быть близок к горизонтально слоистому, а слагающие его породы не должны различаться по сопротивлению (20); в) Разрез должен быть близок к вертикально слоистому, а слагающие его породы должны различаться по проводимости (19).

Контрольная сумма при правильных ответах - 50.

Тема II. ИНДУКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

(1. с. 297-317; 2. с. 134-140, 160-162; 4. с. 391-418)

ПРОГРАММА. Общие сведения об индуктивных методах. Низкочастотные индуктивные методы: метод незаземленной петли; метод длинного кабеля; дипольное индуктивное профилирование. Метод переходных процессов. Скважинные варианты индуктивных методов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. В основе индуктивных методов лежит изучение магнитного поля вихревых токов, возникающих под действием изменяющегося во времени (импульсного или гармонического) магнитного поля, создаваемого различными установками индуктивным способом, а также - поля вызванного эффектами индукционного намагничивания тел. Эти вихревые токи и их поля несут информацию об истинной проводимости локальных объектов, что значительно повышает достоверность электроразведки при поисках проводящих руд (особенно по сравнению с методами сопротивлений, реагирующими не на абсолютные сопротивления пород и руд, а на коэффициент контрастности $\rho_{\text{пород}}$ и $\rho_{\text{руд}}$:

$k = (\rho_{\text{п}} - \rho_{\text{р}}) / (\rho_{\text{п}} + \rho_{\text{р}})$). Каждому из способов возбуждения вихревых токов или типу установки присущи свои достоинства и недостатки. Предпочтение чаще отдается использованию методу переходных процессов (МПП), но в условиях высокого уровня промышленных помех и при изучении магнитных геoeлектрических разрезов (когда используются эффекты индуктивного намагничивания руд) преимущества находятся на стороне низкочастотных индуктивных методов (НЧМ).

Приближение к объектам поисков при наблюдениях индуктивными методами в скважинах существенно увеличивает достоверность получаемой информации (особенно при измерении пространственных компонент поля).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Почему в индуктивных методах регистрируется существенно меньше ложных аномалий при поисках проводящих руд, чем в методах сопротивлений ?

а) Благодаря низкой частоте поля (10); б) Вследствии безконтактных измерений (19); в) Благодаря возбуждению замкнутых вихревых токов в рудных телах (28).

2. Чем объясняется ограниченная глубинность дипольных установок ?

а) Быстрым геометрическим затуханием поля с глубиной (29); б) Скин-эффектом (30); в) Поляризационными эффектами на электродах (31).

3. Возможно ли изучение высокоомного магнитного разреза с помощью МПП ?

а) Да, возможно (11); б) Нет, нельзя (14); в) Это зависит от

плотности токов в разрезе (17).

Контрольная сумма при правильных ответах - 71.

Тема 12. РАДИОВОЛНОВЫЕ МЕТОДЫ

(1. с. 318-330; 2. с. 140-146. 162-166; 4. с. 29-66)

ПРОГРАММА. Радиоволновые методы: общая характеристика; радиоволновое просвечивание; радиоволновое профилирование; радиокомпарационный метод; радиоволновое зондирование.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Для радиоволновых методов электроразведки, характеризующихся малой длиной волны и относительной удаленностью источников поля, существует свой круг геологических задач, где они практически незаменимы. Шахтное и скважинное радиопросвечивание позволяет выявлять и оконтуривать проводящие рудные тела (или объекты) между горными выработками на удалении до первых сотен метров и широко применяется при разведке месторождений. Наземные съемки радиоклип и СДВР достаточно информативны при неглубинном геокартировании. Другие радиоволновые методы (радиоволновое зондирование, радиолокационный метод и др.) зачастую весьма эффективны в гидрогеологии, мелиорации, гляциологии, археологии и т.п., т.е. там, где не требуется большая глубинность исследований или имеются высокоомные разрезы.

К сверхвысокочастотным методам электроразведки, по мнению ряда специалистов [3], можно отнести (находящиеся на стыке с терморазведкой) инфракрасные и спектрозональные съемки со спутников или с самолетов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Почему при радиопросвечивании иногда вместо одной радиотени от рудного тела наблюдается две ?

а) Из-за интерференции радиоволн (17); б) Из-за рефракции радиоволн (20); в) Из-за ошибок оператора (23).

2. Можно ли проводить электроразведочные наблюдения вблизи ($r < \lambda$) радиостанции ?

а) Нельзя (42); б) Можно (43); в) Это зависит от мощности

передатчика (44).

3. Почему принципы оптической голографии применимы к радиоволновым методам электроразведки ?

а) Благодаря близости используемых частот (18); б) Вследствии одинаковой скорости распространения сигналов (27); в) В виду близости физических законов распространения света и радиоволн (36).

Контрольная сумма при правильных ответах - 98.

Тема 13. МЕТОДЫ АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

(I. с. 33I-34I; 4. с. 39I-4I8)

ПРОГРАММА. Общие сведения об аэроэлектроразведке. Пассивные методы. Методы с искусственно возбуждаемыми полями. Аэроэлектроразведка методом переходных процессов.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Аэроэлектроразведка имеет все методические достоинства, присущие другим аэрогеофизическим методам и зачастую она используется в комплексе с ними. В пассивных методах аэроэлектроразведки используют естественные электромагнитные поля дальних тропических гроз (АФМАГ), либо удаленных радиовещательных или специальных радиостанций (СДВР). Получаемые при этом результаты часто получаются плохо воспроизводимыми из-за неустойчивого и сложного характера этих полей. Более стабильных результатов удается добиться путем искусственного возбуждения поля с наземными или укрепленными на летательном аппарате источниками поля. Приемник поля укрепляют жестко на корпусе того же самолета, либо для (для увеличения глубинности) - в выпускной gondole того же или другого самолета. В последнем случае требуется высокоточное синхронное пилотирование обоих самолетов при съемке. С этих позиций наибольшими преимуществами обладает аэровариант МПП.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

I. Зачем нужна аэроэлектроразведка ?

а) Для увеличения глубинности исследований (14); б) Для

оперативного оплоискования больших территорий по параметру ρ (15);
Для разведки запасов руд обнаруженных при наземной съемке (16).

2. Какие поля используют в аэроэлектроразведке ?

а) Постоянные естественные (2); б) Постоянные искусственные (II); в) Переменные искусственные, либо естественные (20).

3. Какие наземные методы реализованы в аэроэлектроразведочном варианте ?

а) ЕЭП и ВЭЗ (22); б) МПП и ДИП (23); в) КСПК и ВП (24).

Контрольная сумма при правильных ответах - 58.

Тема 14 . ДРУГИЕ МЕТОДЫ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ

(1. с. 342-351; 2. с. 147-154)

ПРОГРАММА. Метод эквипотенциальных линий. Методы погруженных электродов и вертикального профилирования. Использование полей-помех.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ. Динамика развития электроразведки такова, что одни методы применяются все реже (например, метод эквипотенциальных линий), а другие только еще развиваются и перспективны их пока не ясны (например, использование для поисковых целей полей промышленных помех). Это объясняется постоянным возрастанием сложности геолого-геофизических задач, стоящих перед электроразведкой. Требования сегодняшнего дня по увеличению глубинности поисков, достижению большей разрешающей способности, оплоискованию районов с высоким уровнем промышленных помех могут быть удовлетворены только путем усложнения методики работ, совершенствования аппаратуры и средств обработки результатов, а также аппарата интерпретации. Этим требованиям в значительной мере отвечают методы вертикального профилирования и погруженных электродов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

I. Какими способами можно повысить глубинность исследования в методах сопротивления ?

а) Увеличить чувствительность приемной аппаратуры (I3); б) Увеличить чувствительность приемной аппаратуры и силу тока в питающей линии (22); в) Приблизить электроды к объектам поисков путем размещения их в скважинах (27).

2. Что общего в методах ПЭМ (пьезоэлектрическом) и ВП ?

а) Естественные нестационарные электрические поля инициируются внешним физическим воздействием (8); б) Одинакова природа возникновения этих полей (II); в) Возможно использование одной и той же генераторной группы (I4).

3. Можно ли в одинаковых геоэлектрических условиях, используя поля-помехи, добиться большей глубинности поисков, чем в методах с искусственным возбуждением поля ?

а) Можно (I5); б) Очень трудно (I6); в) Это зависит от величины сопротивления пород (I7).

Контрольная сумма при правильных ответах - 5I.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

I. Изучение устройства основных типов современных комплектов электроразведочной аппаратуры, ее настройка, регулировка и исследование.

2. Физическое моделирование электромагнитных полей в неоднородных средах с использованием полевой аппаратуры и лабораторных приборов.

3. Качественная интерпретация результатов электроразведочных наблюдений различными методами.

4. Решение прямой задачи электроразведки на ЭВМ.

5. Определение параметров разрезов по палеткам, способами характерных точек и на ЭВМ при количественной интерпретации электроразведочных данных.

Контрольные задания

Задание 1

1. Рассчитать значения ρ_K по приведенным в таблице выписке из полевого журнала данным измерений $\Delta U / c$ аппаратурой АНЧ-3 и построить на билогарифмической бланке кривые ВЭЗ.

2. Произвести интерпретацию кривых ρ_K ВЭЗ любым способом (с помощью ЭВМ по известным программам либо с помощью палеток) и построить условный геоэлектрический разрез вдоль линии наблюдений (по профилю ВЭЗ).

Таблица 1

Результаты измерений вдоль разведочной линии 1

№ п/п	$\frac{AB}{2}$	$\frac{MN}{2}$	ВЭЗ 1 $\Delta \varphi_r$	ВЭЗ 2 $\Delta \varphi_r$	ВЭЗ 3 $\Delta \varphi_r$	ВЭЗ 4 $\Delta \varphi_r$	ВЭЗ 5 $\Delta \varphi_r$
1	3	1	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9
2	4.5	1	4.97	4.97	4.97	4.97	4.97
3	6	1	2.72	2.73	2.73	2.73	2.69
4	9	1	1.17	1.17	1.19	1.17	1.15
5	15	1	0.39	0.411	0.417	0.40	0.380
6	16	5	2.26	2.42	2.42	2.32	2.20
7	25	1	0.12	0.137	0.143	0.128	0.108
8	25	5	0.64	0.744	0.777	0.702	0.580
9	40	5	0.18	0.228	0.263	0.202	0.140
10	65	5	0.052	0.065	0.078	0.063	0.045
11	65	20	0.221	0.28	0.353	0.273	0.193
12	100	5	0.024	0.027	0.032	0.031	0.023
13	100	20	0.095	0.105	0.137	0.125	0.096
14	150	20	0.062	0.066	0.074	0.081	0.060
15	225	20	0.039	0.042	0.047	0.062	0.039
16	225	75	0.159	0.170	0.191	0.212	0.159
17	325	20	0.027	0.028	0.031	0.034	0.026
18	325	75	0.101	0.105	0.120	0.133	0.098
19	500	75	0.063	0.066	0.072	0.080	0.061
20	750	75	0.039	0.041	0.044	0.048	0.038
21	750	250	0.137	0.143	0.159	0.178	0.140
22	1000	75	0.027	0.028	0.031	0.033	0.026
23	1000	250	0.093	0.097	0.109	0.118	0.093
24	1500	250	0.055	0.057	0.062	0.066	0.054
25	2000	250	0.037	0.038	0.041	0.043	0.036
26	2000	500	0.078	0.079	0.085	0.093	0.075
27	3000	250	0.021	0.021	0.022	0.024	0.020
28	3000	500	0.040	0.043	0.045	0.047	0.040
29	4500	500	0.022	0.022	0.023	0.023	0.021
30	6000	500	0.014	0.013	0.014	0.015	0.014

Таблица 2

Результаты измерений вдоль разведочной линии 2

№ п/п	$\frac{AB}{2}$	$\frac{MN}{2}$	B33 1 $\Delta \varphi_{\text{I}}$	B33 2 $\Delta \varphi_{\text{I}}$	B33 3 $\Delta \varphi_{\text{I}}$	B33 4 $\Delta \varphi_{\text{I}}$	B33 5 $\Delta \varphi_{\text{I}}$
1	3	1	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9
2	4.5	1	4.97	4.97	4.97	4.86	4.97
3	6	1	2.72	2.73	2.69	2.63	2.73
4	9	1	1.19	1.17	1.15	1.08	1.17
5	15	1	0.417	0.400	0.380	0.318	0.412
6	15	5	2.42	2.32	2.21	1.81	2.35
7	25	1	0.142	0.128	0.108	0.075	0.135
8	25	5	0.776	0.702	0.580	0.415	0.723
9	40	5	0.252	0.202	0.149	0.099	0.222
10	65	5	0.078	0.063	0.045	0.034	0.057
11	85	20	0.363	0.273	0.193	0.140	0.243
12	100	5	0.032	0.031	0.023	0.017	0.019
13	100	20	0.137	0.125	0.096	0.069	0.076
14	150	20	0.074	0.061	0.060	0.043	0.037
15	225	20	0.047	0.052	0.039	0.027	0.023
16	225	75	0.191	0.212	0.159	0.114	0.093
17	325	20	0.031	0.034	0.026	0.019	0.015
18	325	75	0.120	0.133	0.098	0.071	0.060
19	500	75	0.072	0.072	0.061	0.045	0.037
20	750	75	0.044	0.044	0.038	0.028	0.023
21	750	250	0.159	0.178	0.140	0.104	0.086
22	1000	75	0.031	0.033	0.026	0.020	0.017
23	1000	250	0.109	0.118	0.093	0.071	0.059
24	1500	250	0.062	0.066	0.054	0.042	0.036
25	2000	250	0.041	0.043	0.036	0.029	0.025
26	2000	500	0.085	0.093	0.075	0.060	0.052
27	3000	250	0.022	0.024	0.020	0.017	0.014
28	3000	500	0.045	0.047	0.040	0.034	0.029
29	4500	500	0.023	0.023	0.021	0.019	0.016
30	6000	500	0.014	0.015	0.014	0.012	0.011

Таблица 3
Результаты измерений вдоль разведочной линии 3

№ п/п	$\frac{AB}{2}$	$\frac{MN}{2}$	ВЗЗ 1 $\Delta \varphi_{\text{I}}$	ВЗЗ 2 $\Delta \varphi_{\text{I}}$	ВЗЗ 3 $\Delta \varphi_{\text{I}}$	ВЗЗ 4 $\Delta \varphi_{\text{I}}$	ВЗЗ 5 $\Delta \varphi_{\text{I}}$
1	3	1	11.9	11.9	11.9	11.8	11.9
2	4.5	1	4.97	4.87	4.97	4.93	4.97
3	6	1	2.69	2.636	2.73	2.71	2.72
4	9	1	1.15	1.087	1.17	1.18	1.19
6	15	1	0.38	0.318	0.412	0.416	0.418
8	16	5	2.20	1.82	2.366	2.36	2.37
7	25	1	0.108	0.075	0.136	0.139	0.143
8	25	5	0.580	0.416	0.723	0.744	0.771
9	40	5	0.148	0.089	0.222	0.230	0.251
10	65	5	0.045	0.034	0.057	0.060	0.068
11	66	20	0.183	0.140	0.243	0.267	0.293
12	100	5	0.023	0.017	0.019	0.018	0.019
13	100	20	0.097	0.069	0.075	0.072	0.078
14	160	20	0.060	0.043	0.037	0.031	0.026
15	225	20	0.039	0.028	0.023	0.017	0.011
16	225	75	0.159	0.114	0.093	0.070	0.044
17	325	20	0.026	0.019	0.015	0.011	0.008
18	325	75	0.099	0.072	0.060	0.044	0.024
19	500	75	0.062	0.045	0.037	0.028	0.014
20	750	75	0.038	0.028	0.023	0.018	0.009
21	750	250	0.140	0.104	0.086	0.065	0.034
22	1000	75	0.027	0.020	0.017	0.012	0.007
23	1000	250	0.093	0.071	0.059	0.044	0.024
24	1500	250	0.054	0.042	0.036	0.028	0.015
25	2000	250	0.036	0.028	0.025	0.019	0.010
26	2000	500	0.076	0.060	0.052	0.041	0.022
27	3000	250	0.020	0.017	0.014	0.012	0.007
28	3000	600	0.040	0.034	0.029	0.024	0.013
29	4500	500	0.022	0.018	0.017	0.014	0.008
30	6000	500	0.014	0.012	0.011	0.009	0.005

Таблица 4
 Результаты измерений вдоль разведочной линии 4

№ п/п	$\frac{AB}{Z}$	$\frac{MN}{Z}$	BЭЗ 1 $\Delta \varphi_I$	BЭЗ 2 $\Delta \varphi_I$	BЭЗ 3 $\Delta \varphi_I$	BЭЗ 4 $\Delta \varphi_I$	BЭЗ 5 $\Delta \varphi_I$
1	3	1	11.9	11.8	11.9	11.9	11.8
2	4.5	1	4.97	4.93	4.97	4.97	4.93
3	6	1	2.73	2.71	2.72	2.71	2.69
4	9	1	1.17	1.18	1.19	1.18	1.15
5	15	1	0.412	0.415	0.418	0.415	0.380
6	15	6	2.356	2.38	2.37	2.35	2.20
7	25	1	0.136	0.139	0.143	0.140	0.107
8	25	6	0.723	0.744	0.771	0.750	0.674
9	40	5	0.222	0.230	0.251	0.236	0.143
10	65	5	0.057	0.060	0.068	0.060	0.038
11	65	20	0.243	0.256	0.293	0.280	0.180
12	100	5	0.019	0.018	0.019	0.017	0.016
13	100	20	0.075	0.071	0.078	0.069	0.064
14	150	20	0.037	0.031	0.026	0.025	0.037
15	225	20	0.023	0.017	0.011	0.012	0.024
16	225	75	0.093	0.070	0.044	0.048	0.099
17	325	20	0.015	0.011	0.006	0.007	0.018
18	325	75	0.060	0.044	0.024	0.027	0.062
19	500	75	0.037	0.028	0.014	0.017	0.039
20	750	75	0.023	0.018	0.009	0.017	0.025
21	750	250	0.085	0.065	0.034	0.046	0.092
22	1000	75	0.017	0.012	0.007	0.008	0.018
23	1000	250	0.059	0.044	0.024	0.028	0.062
24	1500	250	0.036	0.028	0.015	0.017	0.037
25	2000	250	0.025	0.019	0.010	0.013	0.026
26	2000	500	0.052	0.041	0.022	0.026	0.054
27	3000	250	0.014	0.012	0.007	0.007	0.016
28	3000	500	0.029	0.024	0.013	0.018	0.023
29	4500	500	0.017	0.014	0.008	0.009	0.017
30	6000	500	0.011	0.009	0.005	0.007	0.011

Таблица 5

Результаты измерений вдоль разведочной линии 5

№ п/п	$\frac{AB}{2}$	$\frac{MN}{2}$	B33 1 $\Delta \varphi_f$	B33 2 $\Delta \varphi_f$	B33 3 $\Delta \varphi_f$	B33 4 $\Delta \varphi_f$	B33 5 $\Delta \varphi_f$
1	3	1	11.9	11.9	11.8	11.9	11.9
2	4.5	1	4.97	4.97	4.93	4.97	4.97
3	6	1	2.72	2.71	2.69	2.72	2.73
4	9	1	1.19	1.18	1.15	1.17	1.17
5	15	1	0.418	0.415	0.380	0.39	0.411
6	15	5	2.37	2.35	2.20	2.25	2.42
7	25	1	0.143	0.140	0.107	0.12	0.137
8	25	5	0.771	0.750	0.674	0.64	0.744
9	40	5	0.251	0.236	0.143	0.18	0.228
10	65	5	0.068	0.060	0.038	0.052	0.065
11	65	20	0.293	0.260	0.160	0.221	0.28
12	100	5	0.019	0.017	0.016	0.024	0.027
13	100	20	0.078	0.069	0.064	0.095	0.105
14	150	20	0.026	0.025	0.037	0.062	0.066
15	225	20	0.011	0.012	0.024	0.040	0.042
16	225	75	0.044	0.048	0.099	0.158	0.170
17	325	20	0.006	0.007	0.016	0.027	0.028
18	325	75	0.024	0.027	0.062	0.101	0.105
19	500	75	0.014	0.017	0.039	0.063	0.066
20	750	75	0.009	0.017	0.026	0.039	0.041
21	750	250	0.034	0.046	0.092	0.137	0.140
22	1000	75	0.007	0.008	0.018	0.027	0.026
23	1000	250	0.024	0.028	0.062	0.093	0.093
24	1500	250	0.015	0.017	0.037	0.055	0.054
25	2000	250	0.010	0.013	0.026	0.037	0.036
26	2000	500	0.022	0.026	0.054	0.076	0.075
27	3000	250	0.007	0.007	0.016	0.021	0.020
28	3000	500	0.013	0.016	0.023	0.040	0.040
29	4500	500	0.008	0.009	0.017	0.022	0.021
30	6000	500	0.005	0.007	0.011	0.014	0.014

Таблица 6

Результаты измерений вдоль разведочной линии 6

№ п/п	$\frac{AB}{2}$	$\frac{MN}{2}$	ВЭЗ 1 $\Delta \varphi/$	ВЭЗ 2 $\Delta \varphi/$	ВЭЗ 3 $\Delta \varphi/$	ВЭЗ 4 $\Delta \varphi/$	ВЭЗ 5 $\Delta \varphi/$
1	3	1	11.8	11.9	11.9	11.9	11.9
2	4.6	1	4.93	4.97	4.97	4.97	4.97
3	6	1	2.69	2.72	2.73	2.73	2.73
4	8	1	1.15	1.17	1.17	1.19	1.17
5	15	1	0.380	0.39	0.411	0.417	0.40
6	15	5	2.20	2.25	2.42	2.42	2.32
7	25	1	0.107	0.12	0.137	0.143	0.128
8	25	5	0.674	0.64	0.744	0.777	0.702
9	40	5	0.143	0.18	0.228	0.253	0.202
10	65	5	0.038	0.052	0.065	0.078	0.063
11	65	20	0.160	0.221	0.28	0.363	0.273
12	100	5	0.016	0.024	0.027	0.032	0.031
13	100	20	0.064	0.095	0.105	0.137	0.125
14	150	20	0.037	0.062	0.066	0.074	0.061
15	225	20	0.024	0.040	0.042	0.047	0.052
16	225	75	0.099	0.159	0.170	0.191	0.212
17	325	20	0.016	0.027	0.028	0.031	0.034
18	325	75	0.062	0.101	0.105	0.120	0.133
19	500	75	0.039	0.063	0.066	0.072	0.080
20	750	75	0.026	0.039	0.041	0.044	0.048
21	750	250	0.092	0.137	0.140	0.159	0.178
22	1000	75	0.018	0.027	0.026	0.031	0.033
23	1000	250	0.062	0.093	0.093	0.109	0.118
24	1500	250	0.037	0.055	0.054	0.062	0.066
25	2000	250	0.026	0.037	0.036	0.041	0.043
26	2000	500	0.054	0.076	0.075	0.085	0.093
27	3000	250	0.016	0.021	0.020	0.022	0.024
28	3000	500	0.023	0.040	0.040	0.045	0.047
29	4500	500	0.017	0.022	0.021	0.023	0.023
30	6000	500	0.011	0.014	0.014	0.014	0.015

Таблица 7

Результаты измерений вдоль разведочной линии 7

№ п/п	$\frac{AB}{2}$	$\frac{MN}{2}$	B33 1 $\Delta \varphi_I$	B33 2 $\Delta \varphi_I$	B33 3 $\Delta \varphi_I$	B33 4 $\Delta \varphi_I$	B33 5 $\Delta \varphi_I$
1	3	1	11.9	11.9	11.9	11.9	11.8
2	4.5	1	4.97	4.97	4.86	4.97	4.93
3	6	1	2.73	2.69	2.63	2.73	2.71
4	9	1	1.17	1.15	1.08	1.17	1.18
5	16	1	0.400	0.380	0.318	0.412	0.416
6	16	6	2.32	2.21	1.81	2.36	2.36
7	25	1	0.128	0.108	0.075	0.136	0.139
8	25	6	0.702	0.680	0.416	0.723	0.744
9	40	5	0.202	0.149	0.099	0.222	0.230
10	65	5	0.063	0.045	0.034	0.057	0.060
11	65	20	0.273	0.193	0.140	0.243	0.267
12	100	5	0.031	0.023	0.017	0.019	0.018
13	100	20	0.125	0.096	0.068	0.076	0.072
14	150	20	0.081	0.060	0.043	0.037	0.031
15	225	20	0.052	0.039	0.028	0.023	0.017
16	225	75	0.212	0.159	0.114	0.093	0.070
17	325	20	0.034	0.026	0.019	0.016	0.011
18	325	75	0.133	0.098	0.071	0.060	0.044
19	500	75	0.072	0.061	0.046	0.037	0.028
20	760	75	0.044	0.038	0.029	0.023	0.018
21	750	250	0.178	0.140	0.104	0.086	0.065
22	1000	75	0.033	0.026	0.020	0.017	0.012
23	1000	250	0.118	0.093	0.071	0.069	0.044
24	1500	250	0.066	0.054	0.042	0.038	0.028
25	2000	250	0.043	0.036	0.029	0.025	0.019
26	2000	500	0.093	0.075	0.060	0.052	0.041
27	3000	250	0.024	0.020	0.017	0.014	0.012
28	3000	500	0.047	0.040	0.034	0.029	0.024
29	4500	500	0.023	0.021	0.019	0.016	0.014
30	6000	500	0.015	0.014	0.012	0.011	0.009

Таблица 8

Результаты измерений вдоль разведочной линии 8

№ п/п	$\frac{AB}{2}$	$\frac{MN}{2}$	ВЭЗ 1 $\Delta \varphi_{ij}$	ВЭЗ 2 $\Delta \varphi_{ij}$	ВЭЗ 3 $\Delta \varphi_{ij}$	ВЭЗ 4 $\Delta \varphi_{ij}$	ВЭЗ 5 $\Delta \varphi_{ij}$
1	3	1	11.9	11.9	11.8	11.9	11.9
2	4.5	1	4.87	4.97	4.93	4.97	4.97
3	6	1	2.636	2.73	2.71	2.72	2.71
4	9	1	1.087	1.17	1.18	1.19	1.18
6	15	1	0.318	0.412	0.415	0.418	0.415
6	15	5	1.82	2.366	2.36	2.37	2.35
7	25	1	0.075	0.136	0.139	0.143	0.140
8	25	5	0.416	0.723	0.744	0.771	0.760
9	40	5	0.089	0.222	0.230	0.251	0.236
10	65	5	0.034	0.057	0.060	0.068	0.060
11	85	20	0.140	0.243	0.267	0.293	0.260
12	100	5	0.017	0.019	0.018	0.019	0.017
13	100	20	0.089	0.075	0.072	0.078	0.069
14	150	20	0.043	0.037	0.031	0.026	0.025
15	225	20	0.028	0.023	0.017	0.011	0.012
16	225	75	0.114	0.083	0.070	0.044	0.048
17	325	20	0.019	0.015	0.011	0.006	0.007
18	325	75	0.072	0.060	0.044	0.024	0.027
19	500	75	0.046	0.037	0.028	0.014	0.017
20	750	75	0.028	0.023	0.018	0.009	0.017
21	750	250	0.104	0.086	0.065	0.034	0.046
22	1000	75	0.020	0.017	0.012	0.007	0.008
23	1000	250	0.071	0.059	0.044	0.024	0.028
24	1500	250	0.042	0.036	0.028	0.015	0.017
25	2000	250	0.028	0.025	0.019	0.010	0.013
26	2000	500	0.060	0.052	0.041	0.022	0.026
27	3000	250	0.017	0.014	0.012	0.007	0.007
28	3000	500	0.034	0.029	0.024	0.013	0.016
29	4500	500	0.018	0.017	0.014	0.008	0.009
30	6000	500	0.012	0.011	0.009	0.005	0.007

Таблица 9

Результаты измерений вдоль разведочной линии 9

№ п/п	$\frac{AB}{2}$	$\frac{MN}{2}$	ВЭЗ 1 $\Delta \varphi_{ij}$	ВЭЗ 2 $\Delta \varphi_{ij}$	ВЭЗ 3 $\Delta \varphi_{ij}$	ВЭЗ 4 $\Delta \varphi_{ij}$	ВЭЗ 5 $\Delta \varphi_{ij}$
1	3	1	11.8	11.9	11.9	11.8	11.9
2	4.5	1	4.93	4.97	4.97	4.93	4.97
3	6	1	2.71	2.72	2.71	2.69	2.72
4	9	1	1.18	1.18	1.18	1.15	1.17
5	16	1	0.416	0.418	0.416	0.380	0.39
6	16	6	2.36	2.37	2.36	2.20	2.26
7	25	1	0.139	0.143	0.140	0.107	0.12
8	26	6	0.744	0.771	0.750	0.674	0.64
9	40	6	0.230	0.251	0.236	0.143	0.18
10	65	5	0.060	0.068	0.060	0.038	0.052
11	66	20	0.267	0.293	0.260	0.160	0.221
12	100	5	0.018	0.019	0.017	0.016	0.024
13	100	20	0.072	0.078	0.069	0.064	0.095
14	150	20	0.031	0.026	0.026	0.037	0.062
15	225	20	0.017	0.011	0.012	0.024	0.040
16	225	75	0.070	0.044	0.048	0.099	0.159
17	326	20	0.011	0.006	0.007	0.016	0.027
18	325	75	0.044	0.024	0.027	0.062	0.101
19	600	76	0.028	0.014	0.017	0.039	0.063
20	750	76	0.018	0.009	0.017	0.026	0.039
21	750	250	0.065	0.034	0.046	0.092	0.137
22	1000	76	0.012	0.007	0.008	0.016	0.027
23	1000	250	0.044	0.024	0.028	0.062	0.093
24	1500	250	0.028	0.015	0.017	0.037	0.065
25	2000	250	0.019	0.010	0.013	0.026	0.037
26	2000	500	0.041	0.022	0.026	0.054	0.076
27	3000	250	0.012	0.007	0.007	0.016	0.021
28	3000	500	0.024	0.013	0.016	0.023	0.040
29	4500	500	0.014	0.008	0.009	0.017	0.022
30	6000	500	0.009	0.005	0.007	0.011	0.014

Таблица 10

Результаты измерений вдоль разведочной линии 10

№ п/п	$\frac{AB}{2}$	$\frac{AM}{2}$	B33 1 $\Delta \varphi_i$	B33 2 $\Delta \varphi_i$	B33 3 $\Delta \varphi_i$	B33 4 $\Delta \varphi_i$	B33 5 $\Delta \varphi_i$
1	3	1	11.9	11.9	11.9	11.9	11.9
2	4.6	1	4.87	4.87	4.87	4.87	4.86
3	6	1	2.73	2.73	2.73	2.69	2.63
4	9	1	1.17	1.19	1.17	1.15	1.08
5	15	1	0.411	0.417	0.400	0.380	0.318
6	15	5	2.42	2.42	2.32	2.21	1.81
7	25	1	0.137	0.143	0.128	0.108	0.075
8	25	6	0.744	0.777	0.702	0.580	0.416
9	40	5	0.228	0.253	0.202	0.148	0.099
10	65	5	0.065	0.078	0.063	0.045	0.0341
11	86	20	0.28	0.363	0.273	0.193	0.140
12	100	5	0.027	0.032	0.031	0.023	0.017
13	100	20	0.105	0.137	0.125	0.096	0.068
14	150	20	0.066	0.074	0.081	0.060	0.043
15	225	20	0.042	0.047	0.052	0.039	0.028
16	225	75	0.170	0.181	0.212	0.159	0.114
17	325	20	0.028	0.031	0.034	0.026	0.019
18	325	75	0.105	0.120	0.133	0.098	0.071
19	500	75	0.066	0.072	0.072	0.061	0.045
20	750	75	0.041	0.044	0.044	0.038	0.028
21	750	250	0.140	0.159	0.178	0.140	0.104
22	1000	75	0.026	0.031	0.039	0.026	0.202
23	1000	250	0.093	0.109	0.118	0.093	0.071
24	1500	250	0.054	0.062	0.066	0.054	0.042
25	2000	250	0.036	0.041	0.043	0.036	0.029
26	2000	500	0.075	0.085	0.093	0.075	0.060
27	3000	250	0.020	0.022	0.024	0.020	0.017
28	3000	500	0.040	0.045	0.047	0.040	0.034
29	4500	500	0.021	0.023	0.023	0.021	0.019
30	6000	500	0.014	0.014	0.015	0.014	0.012

Курсовой проект

Задание по курсовому проектированию представляет собой расчет установки для проведения работ методом электропрофилирования с двумя разносами питающих электродов с целью выделения и прослеживания кровли и подошвы маркирующего горизонта, перекрывающего опорную толщу.

Перед началом полевых работ методом профилирования в два разноса питающих электродов АА'ММ'ВВ' в новом районе инженер-геофизик, руководящий работами, должен определить:

- а) длину питающих и приемной линий;
- б) тип и марку провода, требующегося для монтажа питающей и приемной установок;
- в) ток, который необходимо пропускать в питающей линии, чтобы создать на приемных электродах разность потенциалов ΔU , уверенно измеряемую имеющейся в партии аппаратурой в условиях помех, характерных для данного района работы;
- г) число и тип батарей, которые нужно подключить к питающей цепи, а также способ их соединения и соединения секций этих батарей;
- д) число заземлителей в сложном заземлении на концах линий АВ и А'В', которые необходимо смонтировать таким образом, чтобы сопротивление линий было не слишком велико и дало возможность при работе с выбранными батареями получить в цепях АВ и А'В' ток нужной величины (см. п. в).

Для выполнения этих расчетов следует:

- 1) используя известные или предполагаемые сведения об электрических и геометрических характеристиках разреза, построить кривые ρ_K ВЗЗ, типичные для данного участка;
- 2) определить по построенным кривым разносы АВ и А'В', которые обеспечат необходимую глубину исследований, т.е. расстояние между питающими электродами А'В' обеспечит возможность прослеживания кровли маркирующего горизонта, а расстояние между питающими электродами АВ - прослеживание подошвы того же горизонта;
- 3) выбрать разносы ММ' в соответствии с инструкцией по электроразведке и сообразуясь с масштабом работ;
- 4) оценить необходимые величины тока для цепей АВ и А'В' по формуле $\rho_K = k \cdot \Delta U / I$, где ρ_K - минимальное значение кажущегося удельного

сопротивления, измеряемого при выбранных разностях питающих цепей, ΔU - минимальная измеряемая уверенно с данного типа аппаратурой разность потенциалов с учетом помех, типичных для данного района.

5) построить график зависимости сопротивления одиночного электрода от глубины его забивания;

6) выбрать батареи для производства работ и определить их число и способ соединения (а также способ соединения секций) т.о., чтобы обеспечить в питающих линиях ток не меньший, чем оцененный по формуле п.4.

Ниже приводятся данные о геоэлектрических разрезах по трем скважинам вдоль линии профиля, где предполагается провести электропрофилирование установкой АА'МВВ'В (10 вариантов).

Вариант 1		
скв. I	скв. 2	скв. 3
$h_1=12$	$h_1=27$	$h_1=18$
$\rho_1=120$	$\rho_1=120$	$\rho_1=120$
$h_2=36$	$h_2=134$	$h_2=36$
$\rho_2=11$	$\rho_2=11$	$\rho_2=11$
$\rho_3=820$	$\rho_3=820$	$\rho_3=820$

Вариант 2		
скв. I	скв. 2	скв. 3
$h_1=34$	$h_1=22$	$h_1=11$
$\rho_1=48$	$\rho_1=48$	$\rho_1=48$
$h_2=88$	$h_2=43$	$h_2=90$
$\rho_2=420$	$\rho_2=420$	$\rho_2=420$
$\rho_3=12$	$\rho_3=12$	$\rho_3=12$

Вариант 3

СКВ. I	СКВ. 2	СКВ. 3
$h_1=25$ $\rho_1=180$	$h_1=34$ $\rho_1=180$	$h_1=42$ $\rho_1=180$
$h_2=68$ $\rho_2=28$	$h_2=125$ $\rho_2=28$	$h_2=150$ $\rho_2=28$
$\rho_3=400$	$\rho_3=400$	$\rho_3=400$

Вариант 4

СКВ. I	СКВ. 2	СКВ. 3
$h_1=50$ $\rho_1=100$	$h_1=35$ $\rho_1=100$	$h_1=68$ $\rho_1=100$
$h_2=75$ $\rho_2=30$	$h_2=92$ $\rho_2=30$	$h_2=140$ $\rho_2=30$
$\rho_3=500$	$\rho_3=500$	$\rho_3=500$

Вариант 5

СКВ. I	СКВ. 2	СКВ. 3
$h_1=25$ $\rho_1=75$	$h_1=38$ $\rho_1=75$	$h_1=47$ $\rho_1=75$
$h_2=35$ $\rho_2=15$	$h_2=50$ $\rho_2=15$	$h_2=92$ $\rho_2=15$
$\rho_3=1500$	$\rho_3=1500$	$\rho_3=1500$

Вариант 6

СКВ. I	СКВ. 2	СКВ. 3
$hI=70$ $\rho I=200$	$hI=82$ $\rho I=200$	$hI=53$ $\rho I=200$
$h2=50$ $\rho2=15$	$h2=90$ $\rho2=15$	$h2=65$ $\rho2=15$
$\rho3=500$	$\rho3=500$	$\rho3=500$

Вариант 7

СКВ. I	СКВ. 2	СКВ. 3
$hI=25$ $\rho I=75$	$hI=19$ $\rho I=75$	$hI=32$ $\rho I=75$
$h2=35$ $\rho2=15$	$h2=48$ $\rho2=15$	$h2=40$ $\rho2=15$
$\rho3=1500$	$\rho3=1500$	$\rho3=1500$

Вариант 8

СКВ. I	СКВ. 2	СКВ. 3
$hI=42$ $\rho I=120$	$hI=38$ $\rho I=120$	$hI=68$ $\rho I=120$
$h2=64$ $\rho2=22$	$h2=75$ $\rho2=22$	$h2=70$ $\rho2=22$
$\rho3=950$	$\rho3=950$	$\rho3=950$

Вариант 9		
скв. I	скв. 2	скв. 3
$hI=42$ $\rho I=85$	$hI=27$ $\rho I=85$	$hI=34$ $\rho I=85$
$h2=58$ $\rho2=20$	$h2=64$ $\rho2=20$	$h2=72$ $\rho2=20$
$\rho3=1200$	$\rho3=1200$	$\rho3=1200$

Вариант 10		
скв. I	скв. 2	скв. 3
$hI=75$ $\rho I=180$	$hI=60$ $\rho I=180$	$hI=54$ $\rho I=180$
$h2=130$ $\rho2=23$	$h2=240$ $\rho2=23$	$h2=94$ $\rho2=23$
$\rho3=2400$	$\rho3=2400$	$\rho3=2400$

Примечание: мощность горизонтов дается в метрах, а удельное электрическое сопротивление в омметрах.

Курсовой проект должен содержать следующие разделы:

- 1) Введение
- 2) Задание
- 3) Выбор размеров установки
- 4) Определение элементной базы установки
- 5) Перечень используемых материалов
- 6) Монтажная схема установки
- 7) Список использованной литературы

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

- 1) Электроразведочный метод как информационная система.
- 2) Классификация методов электроразведки.
- 3) Поле точечного источника на поверхности слоистой среды.
- 4) Поле точечного источника в присутствии вертикальных контактов.
- 5) Графики кажущегося сопротивления над вертикальным контактом.
- 6) Поле точечного источника в присутствии проводящего шара.
- 7) Поле поверхностно поляризованного шара.
- 8) Методы решения прямых задач теории поляризационных методов.
- 9) Поле ВП в объеме поляризованного шара.
- 10) Поле ВП поверхностно поляризованного шара.
- 11) Плоская электромагнитная волна в слоистой среде.
- 12) Проводящий и магнитный шар в однородном переменном магнитном поле.
- 13) Частотные характеристики аномалий от тел простой формы.
- 14) Обобщенная частотная характеристика аномалий.
- 15) Переходные характеристики аномалий проводящих шара и цилиндра.
- 16) Обобщенная переходная характеристика.
- 17) Входные преобразователи устройств для измерения электрического поля.
- 18) Входные преобразователи устройств для измерения магнитного поля.
- 19) Сопротивление заземлений.
- 20) Принцип работы и конструкция неполяризующихся электродов.
- 21) Источники постоянного тока, используемые в электроразведке.
- 22) Автокомпенсационный и др. методы измерения разности потенциалов.
- 23) Компьютеризованная электроразведочная аппаратура.
- 24) Методы и аппаратура измерения нестационарных полей.
- 25) Кажущееся сопротивление.
- 26) Установки для измерения кажущегося сопротивления.
- 27) Метод ВЭЗ. Сущность, условия и область применения.
- 28) Методика зондирования симметричной установкой малыми разносами.

29) Методика зондирований дипольной установкой с большими разносами.

30) Электрическое профилирование. Сущность и характер решаемых задач.

31) Профилирование с симметричными установками.

32) Профилирование с неподвижными питающими заземлениями.

33) Комбинированное профилирование.

34) Природа естественных электрических полей.

35) Методика съемок естественных электрических полей.

Обработка и изображение результатов.

36) Сущность метода заряда. Условия и область применения. Методика полевых работ.

37) Сущность метода вызванной поляризации. Условия и область применения. Методика полевых работ.

38) Сущность метода МТЗ. Условия и область применения. Методика полевых работ.

39) Сущность метода МТП. Условия и область применения. Методика полевых работ.

40) Сущность метода незаземленной петли. Условия и область применения. Методика полевых работ.

41) Сущность метода переходных процессов. Условия и область применения. Методика полевых работ.

42) Сущность радиоволнового просвечивания. Условия и область применения. Методика полевых работ.

43) Сущность основных модификаций аэроэлектроразведки.

Подписано в печать 14.01.94. Формат бумаги 60x90 1/16.
Бумага типографская № 3. Печать офсетная. Печ. л. 2,7.

Тираж 100 экз.

Редакционно-издательский отдел МГГА